

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-242424

(43)Date of publication of application : 07.09.1999

(51)Int.Cl.

G03H 1/26

G02B 5/32

G03H 1/22

(21)Application number : 10-321172

(71)Applicant : LUCENT TECHNOL INC

(22)Date of filing : 12.11.1998

(72)Inventor : CAMPBELL SCOTT PATRICK  
CURTIS KEVIN RICHARD  
WILSON WILLIAM L

(30)Priority

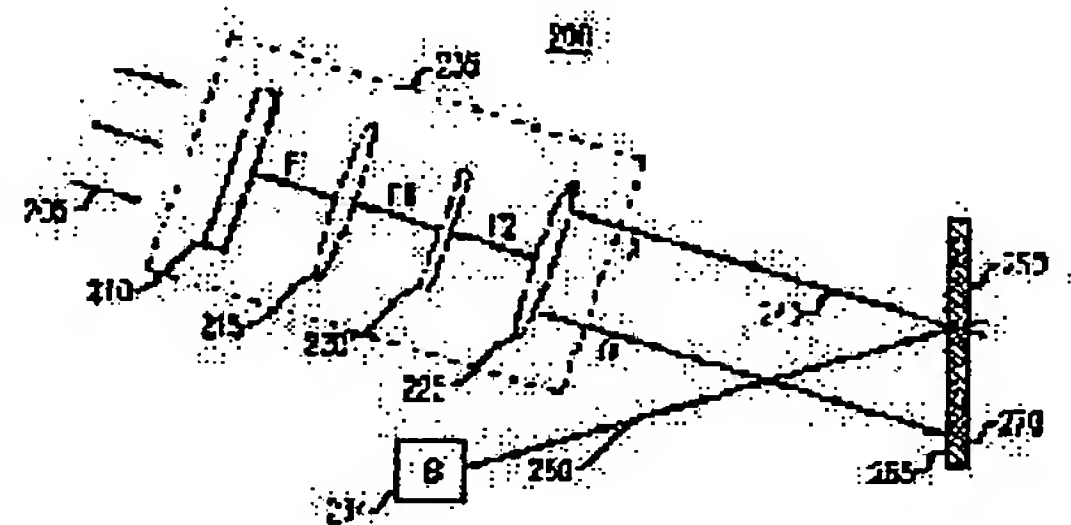
Priority number : 97 968024 Priority date : 12.11.1997 Priority country : US

## (54) SYSTEM AND METHOD FOR HOLOGRAPHIC STORAGE DEVICE USING HOLOGRAPHIC OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a device and method which generates a light beam in a holographic storage system like, specially, a phase correlation multiplexing(PCM) holographic storage system.

SOLUTION: The system consists of a generation source 264 which generates at least one HOE reference beam, a generation source which generates at least one HMC object beam, and at least one data storage device; and a holographic optical element(HOE) restructures an HMC reference beam and projects the HMC reference beam from there in response to the irradiation of the holographic optical element with the HOE reference beam and at least one hologram of the data-coded HMC object beam of the HMC reference beam is stored in the data storage device by phase correlation multiplexing technology in response to interference with the data-coded HMC object beam in a location in the data storage device.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 09.02.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.07.2003

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-242424

(43)公開日 平成11年(1999)9月7日

(51)Int.Cl.<sup>6</sup> 識別記号

G 0 3 H 1/26

G 0 2 B 5/32

G 0 3 H 1/22

F I

G 0 3 H 1/26

G 0 2 B 5/32

G 0 3 H 1/22

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 13 頁)

(21)出願番号 特願平10-321172

(22)出願日 平成10年(1998)11月12日

(31)優先権主張番号 0 8 / 9 6 8 0 2 4

(32)優先日 1997年11月12日

(33)優先権主張国 米国 (U S)

(71)出願人 596092698

ルーセント テクノロジーズ インコーポ  
レーテッド

アメリカ合衆国. 07974-0636 ニュージ  
ャーシイ, マレイ ヒル, マウンテン ア  
ヴェニュー 600

(72)発明者 スコット バトリック キャンベル

アメリカ合衆国 07928 ニュージャーク  
イ, カザム, ヒッコリー ブレイス 25,  
アパートメント シー4

(74)代理人 弁理士 岡部 正夫 (外11名)

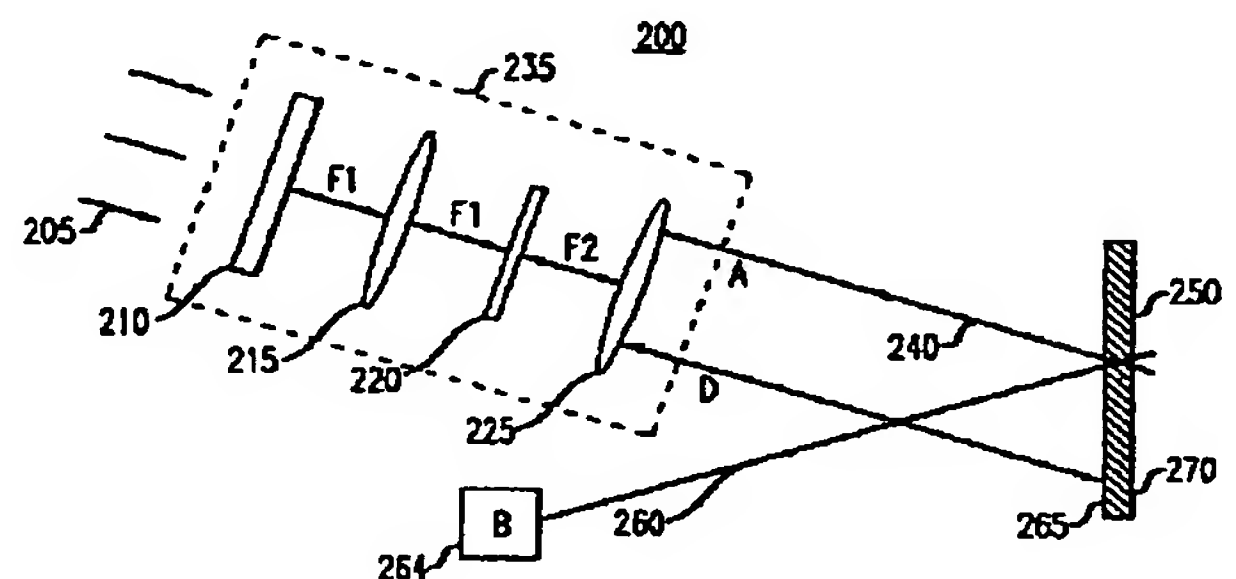
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ホログラフィック光学素子を用いたホログラフィック記憶装置のためのシステムと方法

(57)【要約】 (修正有)

【課題】ホログラフィック記憶装置に関し、特に位相相関多重化 (P C M) ホログラフィック記憶システムのようなホログラフィック記憶システム内に光ビームを生成する装置および方法を提供する。

【解決手段】 少なくとも1つのHOE基準ビームを生成する発生源264と、少なくとも1つのHMCオブジェクト・ビームを生成する発生源と、少なくとも1つのデータ記憶装置とからなり、HOE基準ビームによるホログラフィック光学素子の照射に応動して、ホログラフィック光学素子 (HOE) がHMC基準ビームを再構築してHMC基準ビームをそこから投影し、そしてデータ記憶装置内の場所におけるデータコード化されたHMCオブジェクト・ビームとの干渉に応動して、HMC基準ビームがデータコード化されたHMCオブジェクト・ビームの少なくとも1つのホログラムを位相相関多重化技術に従ってデータ記憶装置内に保存する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 位相相関多重化 (P C M) ホログラフィック記憶システムであって、該システムは、その内部に少なくとも 1 つの H M C 基準ビームの少なくとも 1 つのホログラムを保存するホログラフィック光学素子 (H O E) からなり、該ホログラムは位相相関多重化基準アーム・レンズ装置に対応する光学情報を含み、該システムはさらに、

少なくとも 1 つの H O E 基準ビームを生成する発生源と、

少なくとも 1 つの H M C オブジェクト・ビームを生成する発生源と、

少なくとも 1 つのデータ記憶装置とからなり、該 H O E 基準ビームによる該ホログラフィック光学素子の照射に応動して、該ホログラフィック光学素子 (H O E) が該 H M C 基準ビームを再構築して該 H M C 基準ビームをそこから投影し、そして該データ記憶装置内の場所における該データコード化された H M C オブジェクト・ビームとの干渉に応動して、該 H M C 基準ビームが該データコード化された H M C オブジェクト・ビームの少なくとも 1 つのホログラムを位相相関多重化技術に従って該データ記憶装置内に保存することを特徴とするシステム。

【請求項 2】 請求項 1 に記載のシステムにおいて、該ホログラフィック光学素子 (H O E) がフォトリソ、フォトレジスト、耐熱プラスチック材料、光屈折性材料、または光変性材料を含むグループから選択された少なくとも一つの材料で作られることを特徴とするシステム。

【請求項 3】 位相相関多重化 (P C M) ホログラム記憶システムで使用する装置であって、該装置は、その内部に少なくとも 1 つの H M C 基準ビームの少なくとも 1 つのホログラムを保存するホログラフィック光学素子 (H O E) からなり、該ホログラムは位相相関多重化基準アーム・レンズ装置に対応する光学情報を含み、該 H O E 基準ビームによる該ホログラフィック光学素子の照射に応動して、該ホログラフィック光学素子 (H O E) が該 H M C 基準ビームを再構築して該 H M C 基準ビームをそこから少なくとも 1 つのホログラフィック・データ記憶装置へ向けて投影し、そして該データ記憶装置内の場所における少なくとも 1 つのデータコード化された H M C オブジェクト・ビームとの干渉に応動して、該 H M C 基準ビームが該データコード化された H M C オブジェクト・ビームの少なくとも 1 つのホログラムを位相相関多重化技術に従って該データ記憶装置内に保存するホログラフィック光学素子からなることを特徴とする装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0 0 0 1】

【発明の分野】 本発明は、ホログラフィック記憶装置に関する。より詳細には、本発明は、位相相関多重化 (P

hase Correlation Multiplexing : P C M) ホログラフィック記憶システムのようなホログラフィック記憶システム内に光ビームを生成するための装置および方法に関する。

## 【0 0 0 2】

【従来技術の説明】 ホログラフィック記憶システムは、ニオブ酸リチウム結晶 (crystal of lithium niobate) のような記憶媒体に刻印 (imprinted) された屈折率または吸収率あるいはその両者の変化のパターンとしてのデータ素子のホログラフィー像 (ホログラム) の三次元記憶に関係する。ホログラフィック記憶システムは、その高密度記憶性能および記憶されたデータをランダムにアクセスし転送する際の高速性能を特徴とする。

10

20

【0 0 0 3】 一般に、ホログラフィック記憶装置の記憶システムは、データ符号化オブジェクト・ビームを基準ビームと結合しホログラフィック記憶セル (Holographic Memory Cell : H M C) のような感光性の記憶媒体を通じて干渉パターンを作りだすことによって操作する。干渉パターンには、ホログラムを生成する H M C の材料の変質を含む。記憶媒体中でのホログラムの形成は、オブジェクト・ビームと基準ビームとの相対的な振幅と偏光状態、および両者間の位相差の機能である。これはまた、入射ビームの波長およびオブジェクト・ビームと基準ビームが記憶媒体中へ投影される角度にも大きく依存する。

30

40

【0 0 0 4】 ホログラフィー状に保存されたデータは、そのデータを H M C 中へ保存する際に使用された基準ビームに類似した基準ビームを、ホログラムを生成するために使用されたのと同じ角度、波長、位相および位置で投影することによって再構築される。そのホログラムと基準ビームは、保存されたオブジェクト・ビームの再構築のために相互作用する。再構築されたオブジェクト・ビームは、次に、例えば、光検知器アレーを用いて検知される。復元されたデータは、次に出力装置への受渡し用に事後処理される。

【0 0 0 5】 通常、ホログラフィック記憶媒体のダイナミック・レンジは、受容可能な信号対雑音比を備えた単一のホログラムを保存するのに必要な分より大きい。このため、より大きい記憶密度を達成するには、多くの場合、複数のホログラムを一つの場所に多重化することが望ましい。多重化の手法の一つに位相相関多重化があり、そこでは記憶媒体内の重複するホログラムの区別に相関選択度とブラッグ選択度 (Bragg selectivity) が利用される。相関選択度は、基準ビームに対する記憶媒体の相対移動 (どちらの方向でも) によって作りだされる振幅、位相、および基準ビームの角度に依存する。

【0 0 0 6】 しかし、位相相関多重化 (Phase Correlation Multiplexing : P C M) のような多重化スキームは、それを作りだすために、例えば、複雑な位相マスク、高品質レンズ、およびフーリエ平面空間フィルタリ

50

ングが関わる、比較的複雑な基準ビームを必要とする。残念ながら、位相マスクは構造が精巧であり、レンズは高価で嵩だかく、必要なフーリエ平面空間フィルタリングは流入する光エネルギーの多くをブロックするためシステムのエネルギー所要量を大きく増大させる。しかも、位相相関多重化 (PCM) ホログラフィック記憶システムのようなシステムにとっては、これらの要素のミクロン ( $\mu\text{m}$ ) のレベルまでの調整が重要であり、また通常は、システムが相互に一貫している必要がある。このような一貫性の水準を従来の構成部品および技術を用いて達成することは、不可能ではないにしても困難な場合が多い。

【0007】このため、位相相関多重化 (PCM) ホログラフィック記憶システムのようなホログラフィック・システムの基準アームのうち一つまたは複数の要素について、比較的安価で単純、および再現可能な一貫性のある代替品の供給が求められる。

【0008】

【発明の概要】本発明は、請求項で規定されるとおりである。本発明の実施例は、ホログラフィック記憶システム (Holographic Memory System: HMS)、および位相相関多重化 (PCM) ホログラフィック記憶システムのようなホログラフィック記憶システム中の基準ビームのアームの再構築にホログラフィック光学素子 (Holographic Optical Element: HOE) の利点を利用した装置を含む。ホログラフィック記憶システムは、ホログラフィック記憶セル (HMC)、HMC 基準ビーム (HOE オブジェクト・ビーム) の生成用ホログラフィック光学素子 (HOE)、HMC 基準ビームの生成用 HOE を明らかにする HOE 基準ビーム、および究極的に HMS 中への保存が望まれる情報を含む HMC オブジェクト・ビームのようなデータ記憶装置を含む。ホログラフィック光学素子 (HOE) は、フォトポリマ、フォトレジスト、耐熱プラスチック材料、光屈折性材料、光変性材料のような、ホログラフィック記憶材料中に形成される。ホログラフィック光学素子 (HOE) は、HOE 基準ビームによって明らかにされる保存された HOE オブジェクト・ビームを再構築する。再構築された HOE オブジェクト・ビームは、次にデータ符号化 HMC オブジェクト・ビーム中の情報のホログラフィック記憶装置のための基準ビームとして使用される。ホログラフィック記憶セル (HMC) は、HMC 基準ビーム (HOE オブジェクト・ビーム) および HMC オブジェクト・ビームの経路に、それによって形成される干渉パターンのホログラフィック記憶装置用の共通ボリューム中でそれらと交差するように設置される。

【0009】ホログラフィック光学素子 (HOE) は、干渉パターンがそのホログラフィック記憶材料中に保存可能になるような方法で HOE オブジェクト・ビームを HOE 基準ビームで干渉することによって、ホログラフ

ィック記憶材料中に生成または形成される。干渉ビームの方向角は、ホログラフィック光学素子 (HOE) が伝達装置か反射装置か、およびそのホログラフィック光学素子 (HOE) の生成に使用された光学装置内の最終レンズの焦点距離と比較したホログラフィック光学素子 (HOE) とそのホログラフィック光学素子 (HOE) の生成に使用された光学装置との距離 (D) に依存する。一度生成されると、そのホログラフィック光学素子 (HOE) はホログラフィック記憶システム内の基準アーム光学装置と置き換わるため、多くのホログラフィック記憶システムで基準ビームの生成に必要とされる複雑な基準マスク、レンズ、およびフィルタ装置が不要となる。このような省略化はホログラフィック光学素子 (HOE) から読み出す際のフィルタリング操作に起因する光損失をなくすため、基準アームのスループットが大幅に改善される。その結果、本発明の実施例にしたがったシステムは必要エネルギーが少なく、またより速いスピードで操作できる。

【0010】

【発明の詳細な記述】以下の説明においては、図の順序を単純化し、図の説明を通じて本発明の理解を促進するために、類似の構成部品は同一の参照番号で参照される。

【0011】以下では具体的な特性、構成、および装置を説明するが、それは説明の目的でそうしているだけであることを理解されたい。当該技術に熟練した人なら理解できるように、本発明の精神および範囲を逸脱することなく他のステップ、構成、および装置が利用できる。

【0012】前述のとおり、複数のホログラムを一カ所に多重化して記憶密度を高める技術のひとつに位相相関多重化 (PCM) がある。位相相関多重化においては、記憶媒体内の重なり合うホログラムを区別するために相関選択度およびブラッグ選択度が用いられる。本稿の議論の中では、「位相相関多重化」という用語には単一方向または二方向あるいはその両方の位相選択度の利用が含まれる。また、位相相関多重化は、単独でも、あるいは他のブラッグ法、すなわち直角方向での移動多重化の他の手法との組み合わせでも有効であることを理解されたい。

【0013】図 1 には、従来の位相相関多重化 (PCM) ホログラフィック記憶システム (HMS) の通常の基準ビーム経路 100 を示す。例えば、平面波のレーザ光のコヒーレント・ビーム (105 として表示) が、例えば、空間帯域幅の広い製品を平面波上へ誘導することによって光線 105 を符号化する高度に構造化された基準マスク 110 (例えば、位相マスクまたは振幅マスクあるいはその両者) を照射する。

【0014】符号化されたビームは、焦点距離が  $f_1$  の最初のレンズ 115 へ向かって距離  $f_1$  を進む。最初のレンズ 115 の通過は、最初のレンズ 115 を越えてさ

らに距離  $f_1$  の地点での基準位相マスク 1 1 0 のフーリエ変換を生じる。透過性の高い空間フィルタ 1 2 0 がフーリエ変換平面に用意される。フィルタ 1 2 0 は、通常、基準マスク 1 1 0 から放射された空間周波数の低いもののほとんどをブロックする。

【0 0 1 5】透過性の高いフィルタ 1 2 0 を通過した後、符号化されたビームは、焦点距離が  $f_2$  の 2 番目のレンズ 1 2 5 へ向かって距離  $f_2$  を進む。符号化されたビームは 2 番目のレンズ 1 2 5 を通過し、その写像平面 (1 3 0 と表示) に達するまでさらに距離  $f_2$  を進む。写像平面 1 3 0 を通過する符号化されたビーム (1 4 0 と表示され A のラベルが付されたもの) が、ホログラフィック記憶システム (HMS) のための基準ビームである。

【0 0 1 6】写像平面 1 3 0 は、通常、例えば、PCM ホログラフィック記憶システム内への、デジタル・ホログラムの記憶のためにホログラフィック記憶セル (HMC) またはその他の適当なデータ記憶装置を設置する場所の候補の一つである。しかし、以下の説明から明らかになるとおり、本発明の実施例によれば、ホログラフィック記憶セル (HMC) またはその他の適当なデータ記憶装置は、該当のいずれの平面に設置しても記憶能力を有し、必ずしも写像平面 1 3 0 である必要はない。

【0 0 1 7】図 2 は、本発明の実施例によるホログラフィック光学素子 (HOE) 2 0 0 の生成または形成を示す。とくに図 2 は、送信モードのホログラフィック光学素子 (HOE) の生成を示す。マスク 2 1 0、第 1 レンズ 2 1 5、フィルタ 2 2 0、および第 2 レンズ 2 2 5 で形成される光経路装置 (2 3 5 と表示され点線で示される)、ならびにそれぞれの相互間の距離は、図 1 に示し、上述したものと同様である。第 2 レンズ 2 2 5 を通過しているのは第 1 のビーム (2 4 0 と表示され A のラベルが付されたもの) である。ビーム 2 4 0 は、ホログラフィック記憶材料 2 5 0 へ向かって距離  $D$  を進むか、またはその方向へ向けられる。本稿の議論の中では、また以下のさらなる説明から明らかになるように、ビーム 2 4 0 は HOE オブジェクト・ビーム (ビーム A)、すなわちホログラフィック光学素子 (HOE) の生成または形成に使用されるオブジェクト・ビームである。

【0 0 1 8】HOE オブジェクト・ビーム 2 4 0 はホログラフィック記憶材料 2 5 0 を通過し、そこで HOE の基準ビームである第 2 のビーム (2 6 0 と表示され B のラベルが付されたもの) と交差する。HOE 基準ビーム 2 4 0 に可干渉性のビーム 2 6 0 は、発生源 2 6 4 で生成され、ホログラフィック記憶材料 2 5 0 を照射し、およびホログラフィック記憶材料 2 5 0 内の希望の位置で HOE オブジェクト・ビーム 2 4 0 と交差するのに適切な方向へ発射される。その結果生じるビーム 2 6 0 と HOE オブジェクト・ビーム 2 4 0 との間の干渉パターンは、重要なホログラフィック記憶材料 2 5 0 内にホログ

ラムとして捕捉され、こうして本発明の実施例によってホログラフィック記憶材料 2 5 0 をホログラフィック光学素子 (HOE) へ変換する。

【0 0 1 9】従って、このような方法で、ビーム 2 6 0 は HOE 基準ビーム、すなわち HOE オブジェクト・ビーム 2 4 0 のホログラムをホログラフィック記憶材料 2 5 0 中に生成するための「基準」ビームになる。HOE 基準ビーム 2 6 0 は適当であればどんなビームでもよいが、通常は再現の容易な平面波またはその他のビームである。ホログラフィーの分野に熟練した人なら周知のように、HOE オブジェクト・ビーム 2 4 0 および HOE 基準ビーム 2 6 0 は、通常は同一または類似のレーザ光源からの干渉光により生成される。

【0 0 2 0】ホログラフィック記憶材料 2 5 0 は、表面または体積ホログラムのいずれかの記録能力、または回折光を創出する能力を有する、何らかの適当な材料または材料の構成または配置である。例えば、ホログラフィック記憶材料 2 5 0 は、フォトポリマ、フォトレジスト、耐熱プラスチック材料、光屈折性材料、または光互変性材料である。ホログラフィック記憶材料 2 5 0 は、第 1 面 (2 6 5 と表示) および反対側の第 2 面 (2 7 0 と表示) を有し、全体として十分に平らかまたは 1 センチメートル (cm) あたり約 2 個の光の波長を再現できる品質を持つ。

【0 0 2 1】図 3 は、図 2 に表示した上述の送信モードのホログラフィック光学素子 (HOE) とは異なる幾何学を有するホログラフィック光学素子 (HOE) である、本発明の実施例による反射モードのホログラフィック光学素子 (HOE) 3 0 0 を示す。マスク 3 1 0、第 1 レンズ 3 1 5、フィルタ 3 2 0、および第 2 レンズ 3 2 5、ならびにそれぞれの相互間の距離は、図 1 及び図 2 に示し、上述したものと同様である。図のとおり、HOE オブジェクト・ビーム 3 4 0 は第 2 レンズ 3 2 5 を通過し、ホログラフィック記憶材料 3 5 0 へ向かって距離  $D$  を進むか、またはその方向へ向けられる。

【0 0 2 2】しかし、このもう一つの実施例によると、HOE の基準ビーム 3 6 0 (ビーム B) は、発生源 3 6 4 で生成され、ホログラフィック記憶材料 3 5 0 内の希望の位置で HOE オブジェクト・ビーム 3 4 0 と交差するようにホログラフィック記憶材料 3 5 0 の第 2 面 3 7 0 の方向へ発射される。その結果生じる干渉パターンは、ホログラフィック記憶材料 3 5 0 内にホログラムとして捕捉され、こうしてホログラフィック光学素子 (HOE) を形成する。反射モードのホログラフィック光学素子は、とくに反射モードのホログラフィック光学素子がホログラフィック記憶材料の反対側の面に向けられたビームをつかって生成されるのに対して送信モードのホログラフィック光学素子はホログラフィック記憶材料の同じ面へ向けられたビームをつかって生成される点で、送信モードのホログラフィック光学素子とは異なる。

【0023】図4で一般的に示されるように、ホログラフィック光学素子をホログラフィック記憶システム(HMS)内に生成または形成する方法400には、図2および図3に示すような光経路装置から距離Dの位置にホログラフィック記憶材料をおく最初のステップ410、その光経路を通過する第1のビーム(HOEオブジェクト・ビーム)をホログラフィック記憶材料の方へ向けるステップ420、およびステップ420と同時に第2ビーム(HOE基準ビーム)をホログラフィック記憶材料内の希望の位置でHOEオブジェクト・ビームと交差するようにホログラフィック記憶材料の方へ向けて発射するステップ430を含む。図2および図3に示されるように、HOE基準ビームはホログラフィック記憶材料のどちらの側からも適当な角度で方向づけされる。干渉パターンは、ホログラフィック記憶材料内の希望の位置に捕捉され、こうしてホログラフィック光学素子(HOE)を形成する。

【0024】送信モードおよび反射モードの両方のホログラフィック光学素子(HOE)とも、多重化によってその内部に複数のHOEオブジェクト・ビームを記憶する能力を有する。例えば、ホログラフィック光学素子(HOE)が比較的厚く、例えば、1ミリメートル(mm)の場合、複数のHOEオブジェクト・ビームは、例えば、HOEオブジェクト・ビームの性格を変化させる一方HOE基準ビームの角度、波長、または位置を変化させることによって、ホログラフィック光学素子(HOE)に多重化される。HOEオブジェクト・ビームの変化には、例えば、異なるマスク、フィルタ、またはレンズの組み合わせの利用が含まれる。

【0025】図5A及びBは、送信モードのホログラフィック光学素子(HOE)550の使用例を示す。ホログラフィック光学素子(HOE)550に記憶されたHOEオブジェクト・ビーム(ビームA)を再構築するには、HOE基準ビーム(ビームB)と同一または類似のビーム560を発生源564で生成し、ホログラフィック光学素子(HOE)550の方向へ向けてホログラフィック光学素子(HOE)550に照射する。照射されたときにホログラフィック光学素子(HOE)550から放射されるビームは、HOEオブジェクト・ビーム540(ビームA)を再構築したもので、もともとは上述のホログラフィック光学素子(HOE)550で捕捉されたビームAだったものである。ホログラフィック光学素子(HOE)550に関するHOE基準ビーム560の内容と方向は、例えば、ホログラフィック光学素子550の生成の間の第2レンズの焦点距離 $f_2$ と比較した第2レンズ(光経路装置535内に525として表示、図2も参照)とホログラフィック記憶材料との間の距離Dに依存する(例えば、図2に表示した前述の例)。

【0026】図5Aに示すとおり、距離Dが第2レンズの焦点距離 $f_2$ より小さい場合のホログラフィック光学

素子(HOE)550に保存されたホログラフィー情報については(図2で前述)、HOEオブジェクト・ビーム540の写像平面(575と表示されPのラベルが付されたもの)はホログラフィック光学素子(HOE)550を越えたところに形成される。このような場合には、ホログラフィック光学素子(HOE)550が、ホログラフィック光学素子(HOE)550の生成に使用された同じ側の面(面565)からのHOE基準ビーム560で照射される。次にHOEオブジェクト・ビーム540はHOE基準ビーム560とホログラフィック光学素子(HOE)550の相互作用によって再構築され、ホログラフィック光学素子(HOE)550を越えたところにHOEオブジェクト・ビーム540の写像平面575(またはその他の該当する平面)を形成する。

【0027】適切な記憶装置、例えば、ホログラフィック記憶セル580(HMC)が、適切なデータ検索のために当該平面(575と表示されPのラベルが付されたもの)と相関させて設置される。多数の応用例において当該平面は光線の写像平面またはHOE基準ビームの焦点を含む平面であるが、そうでなければならないわけではないことを理解されたい。例えば、図1の光学システムが出力としてフーリエ平面を作成するものである場合、平面Pをそのフーリエ平面にすることができる。こうして、平面Pは、関係するホログラフィック記憶システム(HMS)のいずれの当該平面にもなりうる。

【0028】図5Bに示すとおり、距離Dが第2レンズの焦点距離 $f_2$ より長いホログラフィック光学素子(HOE)550に保存されたホログラフィー情報によって、HOEオブジェクト・ビーム540の写像平面(575と表示されPのラベルが付されたもの)はホログラフィック光学素子(HOE)550の手前または前面に形成される。このような場合、発生源563で生成されたHOE基準ビーム560の複素共役(562と表示されB\*のラベルが付されたもの)が、第2の面側570から、すなわちホログラフィック光学素子(HOE)550の生成に使用された面とは反対側の面からホログラフィック光学素子(HOE)550を照射するために使用される。HOEオブジェクト・ビーム540の複素共役(542と表示されA\*のラベルが付されたもの)

は、次にビーム562(B\*)とホログラフィック光学素子(HOE)550との相互作用によって再構築され、ビームA\*の当該平面(575と表示)をホログラフィック光学素子(HOE)550の手前または前面に形成する。適切なデータ検索のために、適切なデータ記憶装置を当該平面に設置する。例えば、PCMホログラフィック記憶システムにおいては、HMCを当該平面に設置する。

【0029】同様に、図6A-Bは反射モードのホログラフィック光学素子(HOE)650を示す。通常、HOEオブジェクト・ビーム(ビームA)は、HOE基準

ビーム 6 6 0 (またはこれに類似するビーム) を発生源 6 6 4 からホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の方向へ、これを照射しながら発射することによって再構築される。ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 に関する HOE 基準ビーム 6 6 0 (ビーム B) の内容と方向は、例えば、ホログラフィック光学素子 6 5 0 の生成の間の第 2 レンズの焦点距離  $f_2$  と比較した第 2 レンズ (光経路の配置 6 3 5 内に 6 2 5 として表示、図 3 も参照) とホログラフィック記憶材料との間の距離  $D$  に依存する (例えば、図 3 に表示した前述の例)。

【0030】図 6 A に示すとおり、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の生成の間の距離  $D$  が第 2 レンズの焦点距離  $f_2$  より小さい場合、HOE オブジェクト・ビーム 6 4 0 の写像平面 (6 7 5 と表示され P のラベルが付されたもの) はホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 を越えたところに形成される。このような場合には、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 が、第 2 の面側 6 7 0 からの HOE 基準ビーム 6 6 0 で照射される。次に、前述の説明と同様、HOE オブジェクト・ビーム 6 4 0 は HOE 基準ビーム 6 6 0 とホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の相互作用によって再構築され、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 を越えたところに HOE オブジェクト・ビーム 6 4 0 の写像平面 6 7 5 (またはその他の当該平面) を形成する。適切なデータ検索のために、ホログラフィック記憶セル 6 8 0 (HMC) のような適切なデータ記憶装置を当該平面に設置する。図 5 A - B に関して前述したように、関係するホログラフィック記憶システム (HMS) のためのいずれの当該平面が平面 P になることも可能である。

【0031】図 6 B に示すとおり、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の生成の間の距離  $D$  が第 2 レンズの焦点距離  $f_2$  より大きい場合、距離  $D$  が第 2 レンズの焦点距離  $f_2$  より長いホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 にとって、HOE オブジェクト・ビーム 6 4 2 の複素共役の写像平面 6 7 5 (P のラベルが付されたもの) はホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の手前または前面に形成される。このような場合、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 は、発生源 6 6 3 で生成された HOE 基準ビームの複素共役 (6 6 2 と表示され B\* のラベルが付されたもの) によって照射される。ビーム B\* は、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 内にデータを記録する間に使用された面とは反対の第 1 面 6 6 5 からのホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 を照射する。HOE オブジェクト・ビームの複素共役 (6 4 2 と表示され A\* のラベルが付されたもの) は、ビーム 6 6 2 (B\*) とホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の相互作用によって再構築され、ホログラフィック光学素子 (HOE) 6 5 0 の手前または前面に写像平面 6 7 5 またはその他のビーム A

\* の当該平面を形成する。通常、適切なデータ検索のために、ホログラフィック記憶セル (HMC) のようなデータ記憶装置を当該平面に設置する。

【0032】従って、図 7 に一般的に示すとおり、本発明の実施例によるホログラフィック光学素子を使用する方法 7 0 0 は、符号化されたデータ・ビーム (例えば、HOE オブジェクト・ビーム) のホログラフィ的表現形態を有するホログラフィック光学素子を供給する第 1 のステップ 7 1 0 と、ビーム (例えば、HOE オブジェクト・ビーム) をホログラフィック光学素子の方へ向け、ホログラフィック光学素子を照射しその中に保存されたホログラフィ情報と相互作用する第 2 のステップ 7 2 0 と、再構築されたビーム (例えば、HOE オブジェクト・ビーム) をその再構築されたビームの当該平面に保存する第 3 のステップ 7 3 0 とを含む。図 5 A - B および図 6 A - B に図示し上述したとおり、HOE 基準ビーム (例えば、ビーム B) と HOE 基準ビームの複素共役 (例えば、ビーム B\*) は、ホログラフィック光学素子の適当な側から適当な角度で発射される。

【0033】例えば、上述の説明から、ホログラフィック光学素子 (HOE) は大量生産規模で自己複製できることがわかる。例えば、マスターとなるホログラフィック光学素子 (HOE) が最初に 1 回生成されると、打印およびエンボスなどの従来の技術を用いてその複製を作成することが可能である。また、ホログラフィック光学素子 (HOE) の大量複製が可能なのもわかる。すなわち、最初に生成されたホログラフィック光学素子 (HOE) は 2 番目の同一のホログラフィック光学素子 (HOE) の生成に使用される。より具体的には、最初に生成されたホログラフィック光学素子 (HOE) のデータが読み出され、2 番目のホログラフィック光学素子 (HOE) の生成に使用される。この方法で、同一の情報を含むホログラフィック光学素子 (HOE) の連続複製が可能になる。

【0034】本発明の実施例によると、前述したフィールド中央またはフレネル領域 (Fresnel region) へのビームの記憶とは反対に、ホログラフィック光学素子はその近くのフィールドにある HOE オブジェクト・ビームを保存することも可能である。図 8 A - B に示すとおり、HOE オブジェクト・ビームの当該平面 (例えば、写像平面) はホログラフィック光学素子の形成中はホログラフィック記憶材料の直前または直後に形成される (例えば、通常のホログラフィック記憶システムでは数個の画素または約 2 mm 未満の範囲)。この方法で、再構築された HOE オブジェクト・ビームが HMC のような記憶装置の近くに設置されると、再構築された HOE オブジェクト・ビームが HMC または他のデータ記憶装置内に投影される。

【0035】図 8 A を見ると、HOE オブジェクト・ビーム 8 4 0 (ビーム A) がホログラフィック記憶材料 8

50中に保存され、例えば、前述したような方法でホログラフィック光学素子(HOE)を形成する。より具体的には、発生源864で生成されたHOEオブジェクト・ビーム840とHOE基準ビーム860(ビームB)が、この二つのビームの干渉パターンがホログラフィック記憶材料850の感光部分に保存されるような方法でホログラフィック記憶材料850に向かって進む。HOEオブジェクト・ビーム840の当該平面(875と表示されPのラベルが付されたもの)がホログラフィック記憶材料の直後に形成されていることがわかる。

【0036】こうして、図8Bに示すとおり、ホログラフィック光学素子(HOE)850がHMC880の近く、つまり、例えば、約2mm以内に設置されている場合に、ホログラフィック光学素子(HOE)850からのHOEオブジェクト・ビーム840(ビームA)の再構築を受けて、該当の平面875がHMC880(または他の適当なデータ記憶装置)内へ投影される。ホログラフィック光学素子(HOE)850とHMC880とを一つまたは複数のホログラフィック記憶システム内で使用するための可搬型の対として1組にまとめることが実用的である場合に、ホログラフィック光学素子(HOE)850とHMC880との間隔が比較的狭いほうが有利である。こうして、ホログラフィック記憶システムの「読み出しヘッド」(HOE850)と「記憶媒体」(HMC880)の両方が一緒に、効率的に可搬型になる。

【0037】また、図8A-Bに示された実施例は、ホログラフィック光学素子(HOE)850がHOEオブジェクト・ビーム840の再構築に使用されるのでHMCオブジェクト・ビーム(885と表示されCのラベルが付されたもの)がホログラフィック光学素子(HOE)850を支障なく通過できるため、有利である。HMCオブジェクト・ビーム885は、ホログラフィック光学素子(HOE)850が(再構築されたHOEオブジェクト・ビーム840の)ブラッグ整合回折に依存しており、HMCオブジェクト・ビーム885はそれに整合していないため、ホログラフィック光学素子(HOE)850を支障なく通過する。

【0038】本議論では、HMCオブジェクト・ビーム885(ビームC)はホログラフィー情報をHMC880に保存する際に使用されたオブジェクト・ビームを表すことに留意されたい。本稿のHOEオブジェクト・ビーム840(ビームA)の説明の際に前述したとおり、ホログラフィック光学素子(HOE)850の生成または形成の間、HOEオブジェクト・ビーム840はそのオブジェクト・ビームとして作用する。しかし、ホログラフィー情報のHMC880への保存の間、HOEオブジェクト・ビーム840はHMC880への基準ビームとして作用し、一方HMCオブジェクト・ビーム885はHMC880へのオブジェクト・ビームとして作用す

る。

【0039】前述のとおり、ホログラフィック光学素子(HOE)は、多重化によってその内部に複数のオブジェクト・ビーム(この事例ではHMC基準ビーム)を記憶する能力を持つ。すなわち、例えば、一方でHMC基準ビームの性質を変えながらHOE基準ビームの角度、波長、または位置を変えることによって、複数のHMC基準ビームがホログラフィック光学素子(HOE)の中に多重化される。HMC基準ビームの変化には、例えば、異なるマスク、フィルタ、またはレンズの組み合わせの利用が含まれる。

【0040】図9A-Bには、ホログラフィック光学素子の調節を補助する調節情報をホログラフィック記憶材料中に保存されのちにホログラフィック光学素子から再構築される情報の一部として含む、本発明のもう一つの実施例を示す。図9Aに示すとおり、ホログラフィック記憶材料950の周辺フィールドに情報を保存する間(ホログラフィック光学素子の生成の間)、HOEオブジェクト・ビーム940は、例えば、前述したような方法で保存される。すなわち、HOEオブジェクト・ビーム940およびHOE基準ビーム960(発生源964で生成されたもの)は、この二つのビームの干渉パターンがホログラフィック記憶材料950の感光部分に保存されるという方法でホログラフィック記憶材料950へ伝達される。HOEオブジェクト・ビーム940の当該平面(975と表示されPのラベルが付されたもの)は、ホログラフィック記憶材料の直後に形成されることが示される。

【0041】しかしこの実施例では、内部に調節情報を含む調節ビーム(990と表示されEのラベルが付されたもの)も、ホログラフィック記憶材料950へ向けて伝達され、HOEオブジェクト・ビーム940とともにその内部に保存される。最終的な光学システムでは、調節ビーム990は、HMCオブジェクト・ビーム985(ビームC)と共同伝達するように設定してもしなくてもよい。

【0042】図9Bに示すとおり、ホログラフィック光学素子(HOE)950の使用、調節ビーム990およびHMC基準ビーム940は、図9aのHOE基準ビームと類似または同一の一つのHOE基準ビーム960によって同時に再構築される。HMC基準ビーム940を使用して、HMCオブジェクト・ビーム985および再構築された調節ビーム990は、HMC980またはその他の適当な記憶装置に記憶され、またこれを通過する。HMC980を通過した後、調節ビーム990は、例えば、光検知器(図示せず)に当たり、その反応がホログラフィック光学素子(HOE)950の調節状態に関する情報をもたらす。このような情報は、ホログラフィック光学素子(HOE)950のダイナミック調節を可能にする。また、調節ビーム990はHMCオブジェ

クト・ビーム 985 とともに HMC 980 に保存され、HMC オブジェクト・ビーム 985 が再構築されると調節ビーム 990 も再構築される。

【0043】再構築された調節ビームは、HMC 980 の調節について、ホログラフィック光学素子 (HOE) 950 の場合と類似した方法で情報を提供する。また、このような実施例は、ホログラフィック光学素子 (HOE) 950 から再構築された調節ビーム 990 と HMC 980 から再構築された調節ビームとの間のコヒーレント干渉効果を可能にし、それがホログラフィック光学素子 (HOE) 950 と HMC 980 との間の相対的調節に関する情報をもたらす。

【0044】前述したとおり、多数の HOE オブジェクト・ビームをのちに再構築するために一つのホログラフィック光学素子 (HOE) 内に保存するための複数の多重化技術が存在する。このような技術には、例えば、ブラッグ法 (重複ホログラム) による角度、波長、または位相の多重化、またはホログラムを HOE の異なる (重複しない) 位置に保存することによる空間的多重化などがある。

【0045】例として、HOE オブジェクト・ビームの再構築の一般的なブラッグ多重化の 2 つの例を示す図 10A-B を考察する。図 10A は、ホログラフィック光学素子 (HOE) 1050 の同一の位置からおおよび同一の発射方向への、2 つの HOE オブジェクト・ビーム (1040 と表示し A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> のラベルが付されたもの) のそれぞれの HOE 基準ビーム (1060 と表示し B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> のラベルが付されたもの) を用いた再構築を一般的に示す。この方法では、HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は HMC (図示せず) の同一の不特定の位置に向けて発射される。しかし、相互の区別を可能にするために、HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は異なる波長または位相構造、あるいはその両方を持つ。

【0046】HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は、やはり HOE 1050 の同一の不特定の位置 (相互に関してであり、必ずしもビーム A<sub>1</sub> または A<sub>2</sub> あるいはその両方に関してではない) に向けて方向づけられた HOE 基準ビーム B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> に同一の不特定の角度で干渉しながら HOE 1050 の同一の不特定の位置に向けて方向づけられることによって、同一の不特定の位置に保存された。基準ビーム B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> は、相互に対して同一または異なる角度で HOE 1050 の位置に向けて発射される。

【0047】図 10B は、ホログラフィック光学素子 (HOE) 1050 の同一の位置からの、ただし発射角度の異なる (一般に HMC の別の位置へ向けた)、それぞれの HOE 基準ビーム B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> を用いた HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> の再構築を一般的に示す。従って、HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub>

は、HOE 1050 内の同一の不特定の位置から、ただし異なる発射角度で、HOE 1050 内に保存される (おおよびこうして再構築される)。また、ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は必ずしも同一の波長または位相構造あるいはその両方を有する必要はない。

【0048】HOE オブジェクト・ビームの再構築の一般的な空間的多重化の 2 つの例を示す図 11A-B は、もう一つの可能性を示す。図 11A は、同一の発射方向の、しかしホログラフィック光学素子 (HOE) 1150 の異なる位置からの、2 つの HOE オブジェクト・ビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> の再構築を一般的に示す。この例では、再構築されたビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は一般的に HMC (図示せず) の別の位置に向けて発射され、同一の波長または位相構造、あるいはその両方を有しても有さなくてもよい。図のとおり、HOE 基準ビーム B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> は、同一の角度で、または代替的に異なる角度で、HOE 1150 の異なる位置に向けて発射される。

【0049】図 11B は、発射角度の異なる、ただしホログラフィック光学素子 (HOE) 1150 の同一の位置からの、2 つの HOE オブジェクト・ビーム (1140 と表示され A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> のラベルが付されたもの) の再構築を一般的に示す。この方法では、再構築されたビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は、一般的に HMC (図示せず) の同一の不特定の位置へ向けて発射されるが、入射角は同一ではない。再構築されたビーム A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> は、同一の波長または位相構造あるいはその両方を有しても、有さなくてもよい。図のとおり、HOE 基準ビーム (1160 と表示され B<sub>1</sub> および B<sub>2</sub> のラベルが付されたもの) は、同一の角度で、または代替的に異なる角度で、HOE 1150 の異なる位置に向けて発射される。

【0050】ホログラフィック光学素子 (HOE) から発射される HOE オブジェクト・ビーム (HMC 基準ビーム) の使用についてもう一つ考慮すべき点は、ビームが時間順に再構築されるか、時間並列的に、またはそれぞれのさまざまな組み合わせによってかという点である。一つの HOE から再構築された A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> などの HMC 基準ビームの順序だった使用は、それぞれの HMC 多重化ステップの中での HMC の多重読み込みを可能にする。これに合わせて、HMC 基準ビームの一つが決められた時間に HMC からそれぞれのデータ・ページ、例えば、HMC オブジェクト・ビーム (ビーム C) を再構築するために HMC を照射する。前述の HMC 基準ビーム再構築技術の一つを利用すると、一例としてこのようなことが可能である (図 10A-B および図 11A-B)。

【0051】一つの HOE から再構築された A<sub>1</sub> および A<sub>2</sub> などの HMC 基準ビームの並列使用は、それぞれの HMC 多重化ステップの中での HMC の多重読み込みを可能にする。この方法では、複数の HMC 基準ビームが決められた時間に HMC または HMC の一つのデータ・

ページ（ビームC）からいずれかの多重データ・ページ、例えば、HMCオブジェクト・ビーム（ビームC）を再構築するためにHMCを照射する。前述のHMC基準ビーム再構築技術の一つを利用すると、一例としてこのようなことが可能である（図10A-Bおよび図11A-B）。

【0052】所与の時間内に複数のデータ・ページ（HMCオブジェクト・ビーム）を再構築する場合、一つのデータ・ページは、例えば、それ自身の検知器アレーへ向けられ、こうしてデータ・スループットの平行度を高める。所与の時間内に一つのデータ・ページ（HMCオブジェクト・ビーム）を再構築する場合は、複数のHOEオブジェクト・ビームが一つのデータ・ページを再構築するために協調して作用し、こうしてHMCの多重化密度を高める。HMCの同一の空間的位置からの分割されたHMCオブジェクト・ビーム（ビームC）を結合する（すべてが同一の検知器アレーへ向けられている）か、またはHMCの別の空間的位置からの分割されたHMCオブジェクト・ビーム（ビームC）を結合する（すべてが同一の検知器アレーへ向けられている）かのいずれかによって、一例としてこのようなことが可能である。例えば、3つのHOEオブジェクト・ビーム（それぞれが「オン」または「オフ」のいずれかの状態）を使うことで、従来の技術では3個のHMCオブジェクト・ビームしか再構築されないところ、この方法では、8個（ $2^3$ ）の異なるHMCオブジェクト・ビームが再構築される。

【0053】例えば、図12A-Cは、平行ビーム再構築のさまざまな使用例を図示する。図12Aは、HOE基準ビーム1260（ $B_1$ および $B_3$ ）によるホログラフィック光学素子（HOE）1250の照射と、それによるHOEオブジェクト/HMC基準ビーム（ $A_1$ および $A_3$ ）の生成、その内部の一つの空間的位置でのHMC1280またはその他の適当なデータ記憶装置へのそれによる問い合わせ、その問い合わせによる少なくとも一つのHMCオブジェクト・ビーム1285（ビームC<sub>1</sub>と表示）の生成を、一般的に図示する。これは、図12Bに示した、HOE基準ビーム（ $B_2$ および $B_3$ ）がホログラフィック光学素子（HOE）1250を照射し、それによるHOEオブジェクト/HMC基準ビーム（ $A_2$ および $A_3$ ）の生成、それによるその内部の一つの空間的位置でのHMC1280への問い合わせ、その問い合わせによる少なくとも一つのHMCオブジェクト・ビーム1285（ビームC<sub>k</sub>と表示）の生成の例と比較される。こうして、同じビームの異なる組み合わせで異なるデータ・ページ・ビームの生成が可能になる。

【0054】図12Cの別の例では、HOE基準ビーム1260（ $B_2$ および $B_3$ ）がホログラフィック光学素子（HOE）1250を照射し、それによりHOEオブジェクト/HMC基準ビーム（ $A_2$ および $A_3$ ）を生成し、

それによりHMC1280内部の別の空間的位置でのHMC1280へ問い合わせが行われ、それらが総合してHMCオブジェクト・ビーム1285（ビームC<sub>k</sub>と表示）が生成される。

【0055】図13A-Bは、従来のホログラフィック記憶システムと本発明の実施例によるホログラフィック光学素子（HOE）を使用したホログラフィック記憶システムとの比較例を図示する。一般に、PCMホログラフィーにとっては複雑な基準アームのあるホログラムの記録が重要であり、通常は極めて狭い選択関数が生じる。このため、位相相関多重化（PCM）ホログラフィーを用いると、非常に高い密度（例えば、約300チャネル・ビット/ $\mu\text{m}^2$ 以上）が可能になる。例えば、基準ビームとホログラムの間の相関が最大値の半分するとき、幅は全体で約5 $\mu\text{m}$ 未満である。このピークは、HMCの位置の関数としての保存されたホログラムの回折強度を表す。

【0056】図13Aは、複雑な光列を用いてホログラフィック記憶セル（HMC）またはHMC基準ビームの相互の相対的な移動の関数としての記録された、ホログラムの総合回折効率のプロットである。この装置では、使用された基準アームは位相0または $\pi$ をランダムに選んだチャープ位相マスクで、x次元が一方の側は約15 $\mu\text{m}$ 下から中間のおよそ5 $\mu\text{m}$ まで、さらにその画素の逆側へ約15 $\mu\text{m}$ 戻るように直線的に変化する（15-5-15 $\mu\text{m}$ ）長方形の画素の列を含む。このマスクにはフーリエ・フィルタ（フーリエ平面に高透過度フィルタがおかれたもの）がかけられ、例えば、図1に示すような4f光学システムを用いてホログラフィック記憶セル（HMC）上へ投影された。直径約5ミリメートル（mm）のホログラムがミクロン単位で移動され、合計の回折強度が相対位置の関数として測定された。その結果を図13Aにプロットする。

【0057】図13Bは、本発明の実施例によるホログラフィック光学素子（HOE）を用いてホログラフィック記憶セル（HMC）またはHMC基準ビームの相互の相対的な移動の関数としての記録された、ホログラムの総合回折効率のプロットである。図からわかるとおり、本発明の実施例により図13Bにプロットされた最大値の半分における全幅は、従来の光学（4f光学システム）で記録されたもの、すなわち図13Aでプロットされた総合回折強度と類似している。同じ経過が繰り返され、ホログラムの物理サイズは同じである（5mm）。この事例におけるHOEオブジェクト・ビームは、図13Aでプロットされたデータの生成に使用されたものと同一である。

【0058】この分野に精通した人ならわかるとおり、ここに説明したホログラフィック記憶システム、装置、および方法の実施例は、添付の請求項および同等のもの全部によって定義された本発明の核心および範囲から逸

脱することなく、さまざまに変更したり代替したりすることが可能である。

【図面の簡単な説明】

【図1】位相相関多重化（PCM）ホログラフィック記憶システムのようなホログラフィック・システムにおける従来の基準ビームの光経路および関連する要素を示す図である。

【図 2】本発明の実施例による送信モードのホログラフィック光学素子の生成または形成を示す図である。

【図 3】本発明の実施例による反射モードのホログラフィック光学素子の生成または形成を示す図である。

【図 4】本発明の実施例によるホログラフィック光学素子の形成方法を示すブロック図である。

【図 5 A】本発明の実施例による図 2 のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 5 B】本発明の実施例による図 2 のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図6A】本発明の実施例による図3のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 6 B】本発明の実施例による図 3 のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図7】本発明の実施例によるホログラフィック光学素子の利用方法を示すブロック図である。

【図 8 A】本発明の別の実施例によるホログラフィック光学素子の生成または形成を示す図である。

【図 8 B】図 8 a のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 9 A】本発明のもう一つの別の実施例によるホログラフィック光学素子の生成または形成を示す図である。

【図 9 B】図 9 a のホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図10A】さまざまなブラッグ多重化技術を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図10B】さまざまなブラッグ多重化技術を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 11 A】さまざまな空間的多重化技術を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 11 B】さまざまな空間的多重化技術を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 12 A】再構築されたビームの並行使用を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図12B】再構築されたビームの並行使用を用いたホ

ロググラフィック光学素子の利用を示す図である。

【図 12C】再構築されたビームの並行使用を用いたホログラフィック光学素子の利用を示す図である。

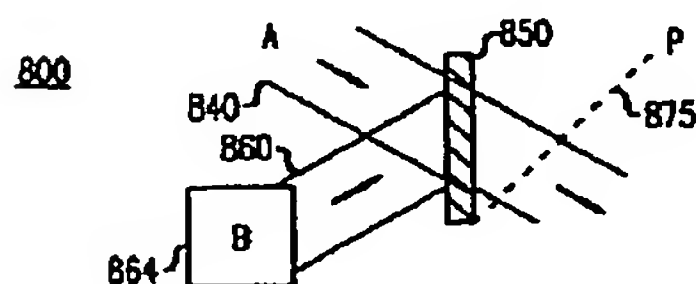
【図13A】従来の光学装置を用いた、ホログラフィック記憶セル（HMC）またはHMC基準ビームの相互の相対的な移動の関数としての記録されたホログラムの総合回折効率のプロットを示す図である。

【図 13B】本発明の実施例によるホログラフィック光学素子（HOE）を用いた、ホログラフィック記憶セル（HMC）または HMC 基準ビームの相互の相対的な移動の関数としての記録されたホログラムの総合回折効率のプロットを示す図である。

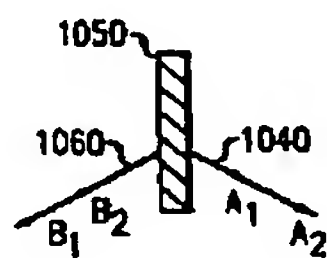
【符号の説明】

- |     |                    |
|-----|--------------------|
| 100 | 基準ビーム経路            |
| 105 | コヒーレントビーム          |
| 110 | 基準マスク              |
| 115 | レンズ                |
| 120 | フィルタ               |
| 125 | レンズ                |
| 130 | 写像平面               |
| 140 | ビーム                |
| 200 | ホログラフィック光学素子 (HOE) |
| 210 | マスク                |
| 215 | レンズ                |
| 220 | フィルタ               |
| 225 | レンズ                |
| 235 | 光経路装置              |
| 240 | ビーム                |
| 250 | ホログラフィック記憶材料       |
| 260 | ビーム                |
| 264 | 発生源                |
| 265 | ホログラフィック記憶材料の第1面   |
| 270 | 同第2面               |
| 525 | レンズ                |
| 535 | レンズ                |
| 540 | HOEオブジェクトビーム540    |
| 550 | ホログラフィック光学素子 (HOE) |
| 560 | HOE基準ビーム           |
| 564 | 発生源                |
| 575 | 写像平面               |
| 580 | ホログラフィック記憶セル       |

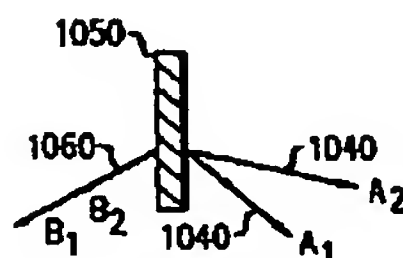
【 8 A】



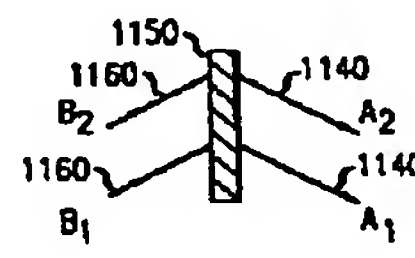
【図 10A】



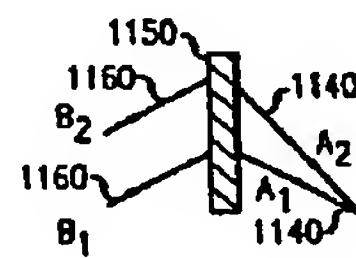
【図 10 B】



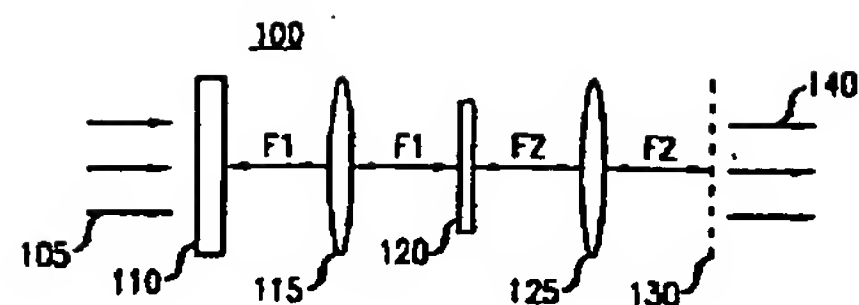
【図 11 A】



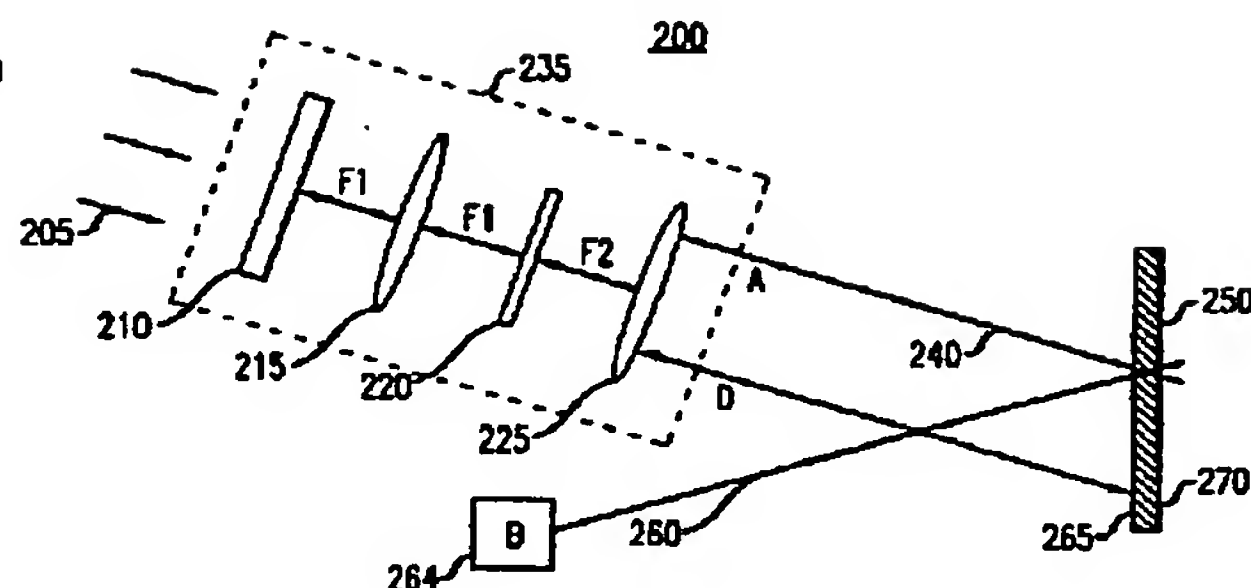
【図 1 1 B】



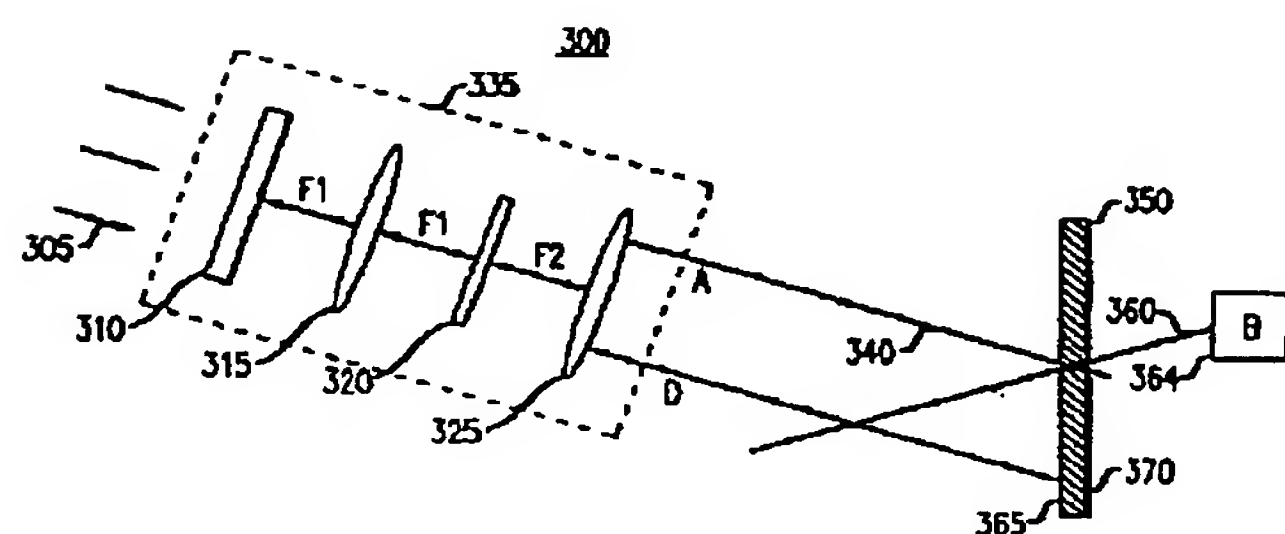
【図 1】



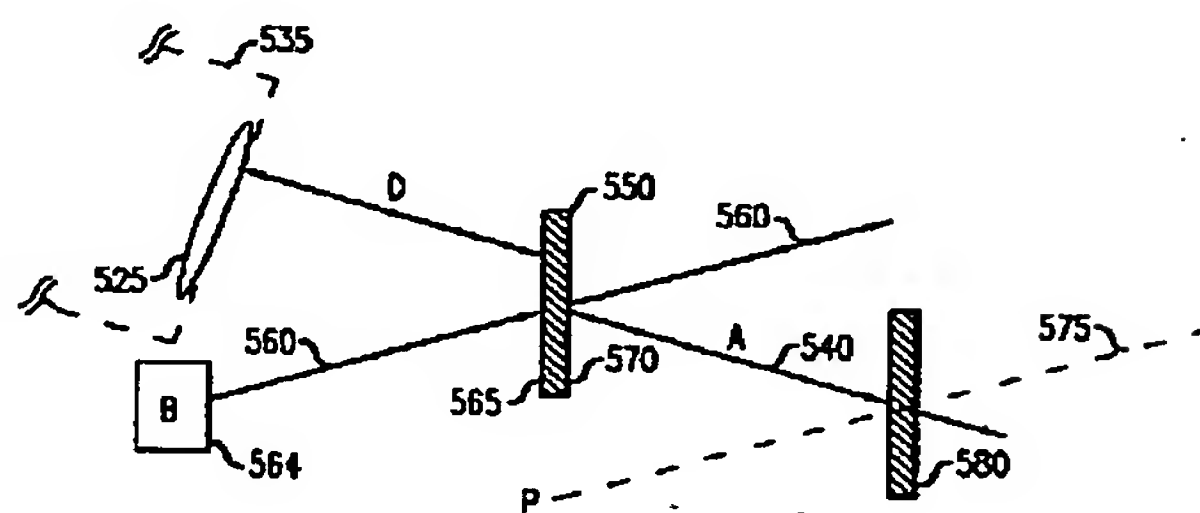
【図 2】



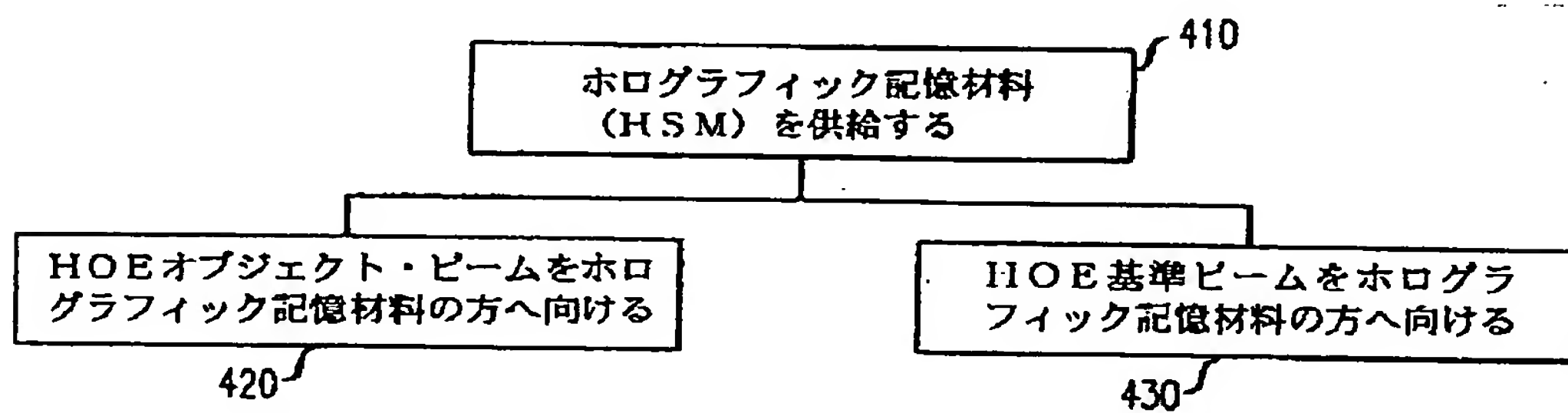
【図 3】



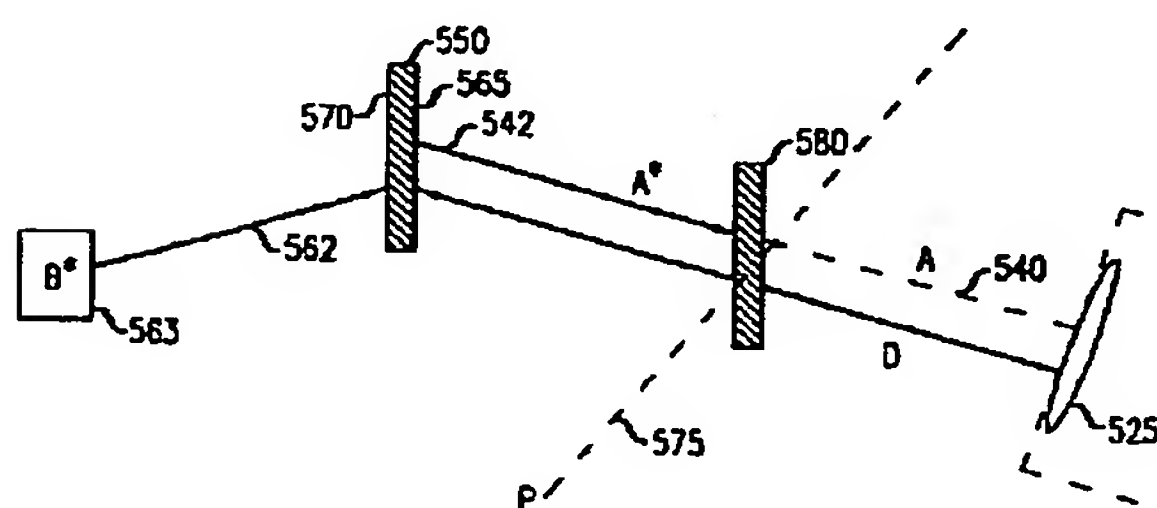
【図 5 A】



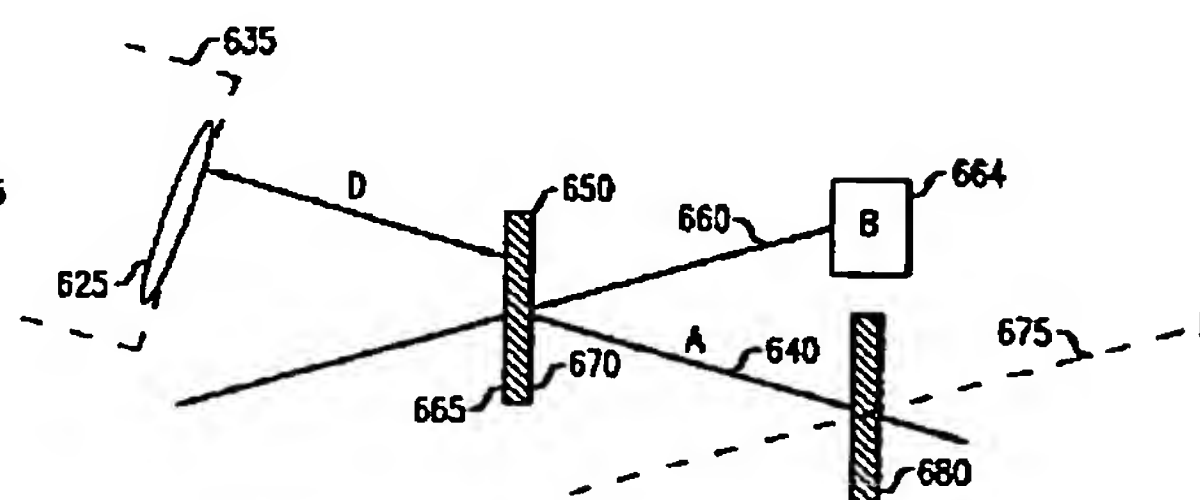
【図 4】



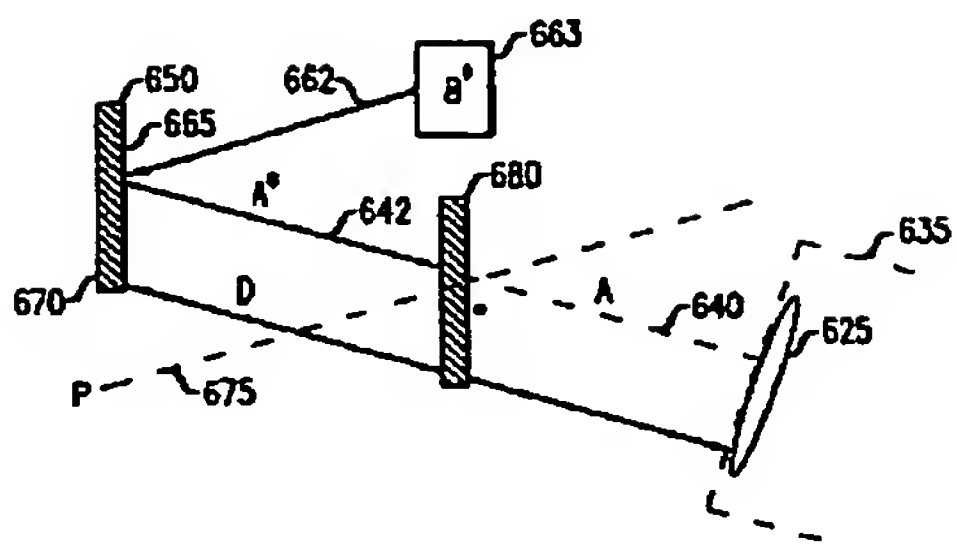
【図 5 B】



【図 6 A】

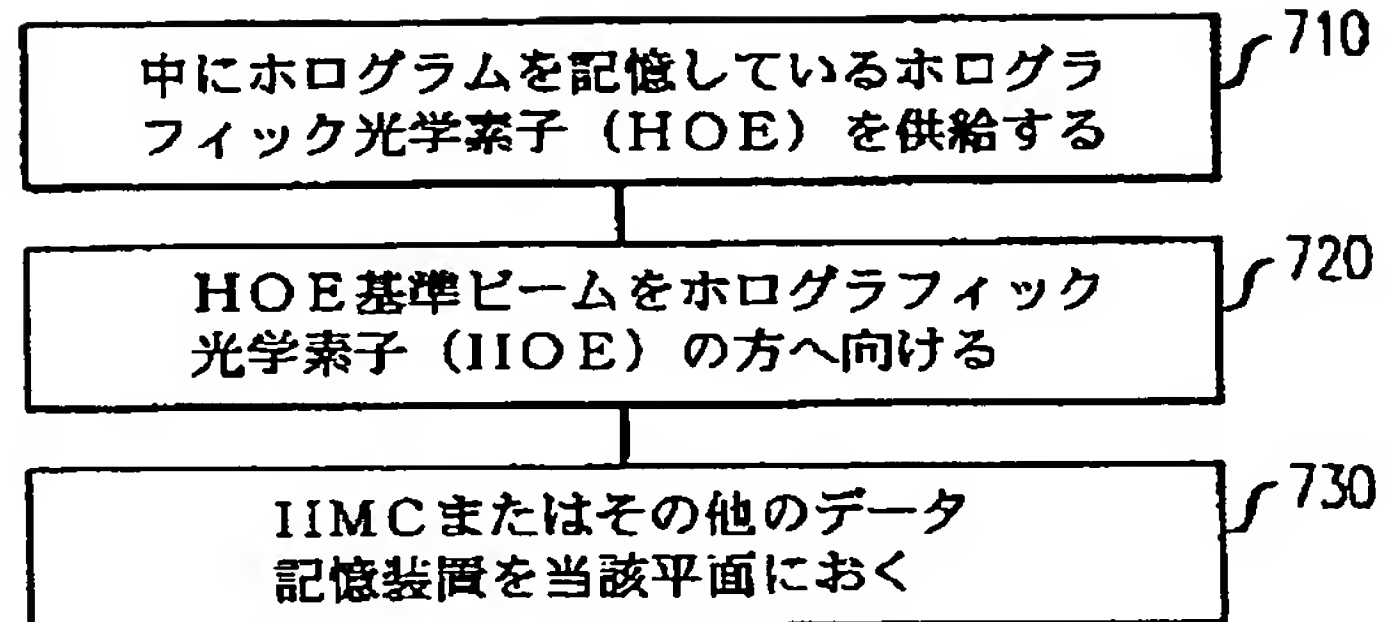


【図 6 B】

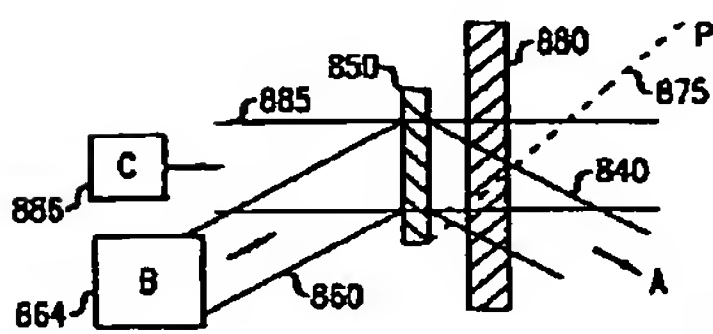


【図 7】

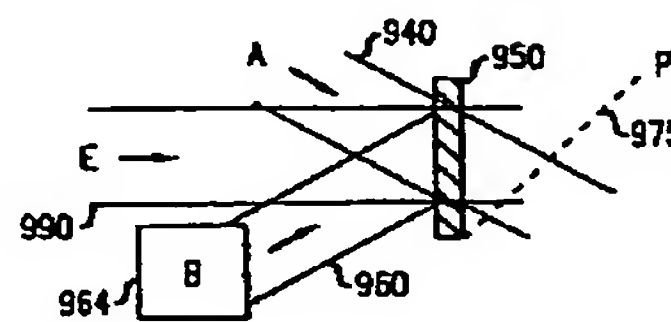
700



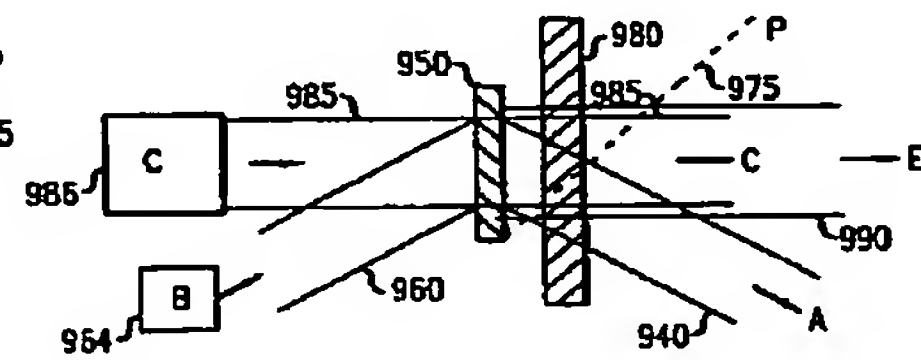
【図 8 B】



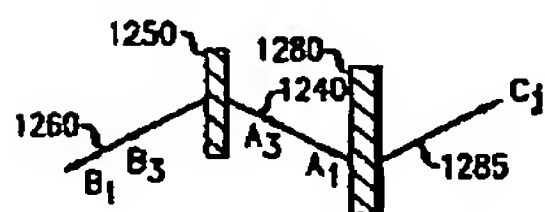
【図 9 A】



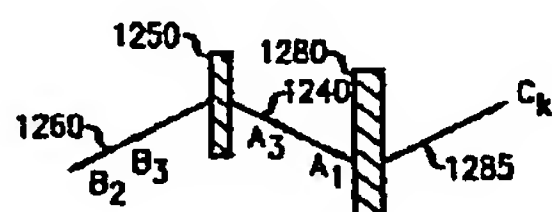
【図 9 B】



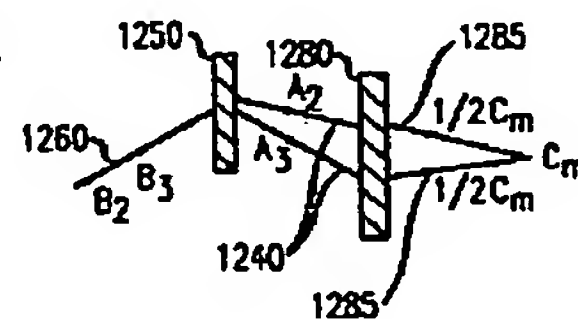
【図 1 2 A】



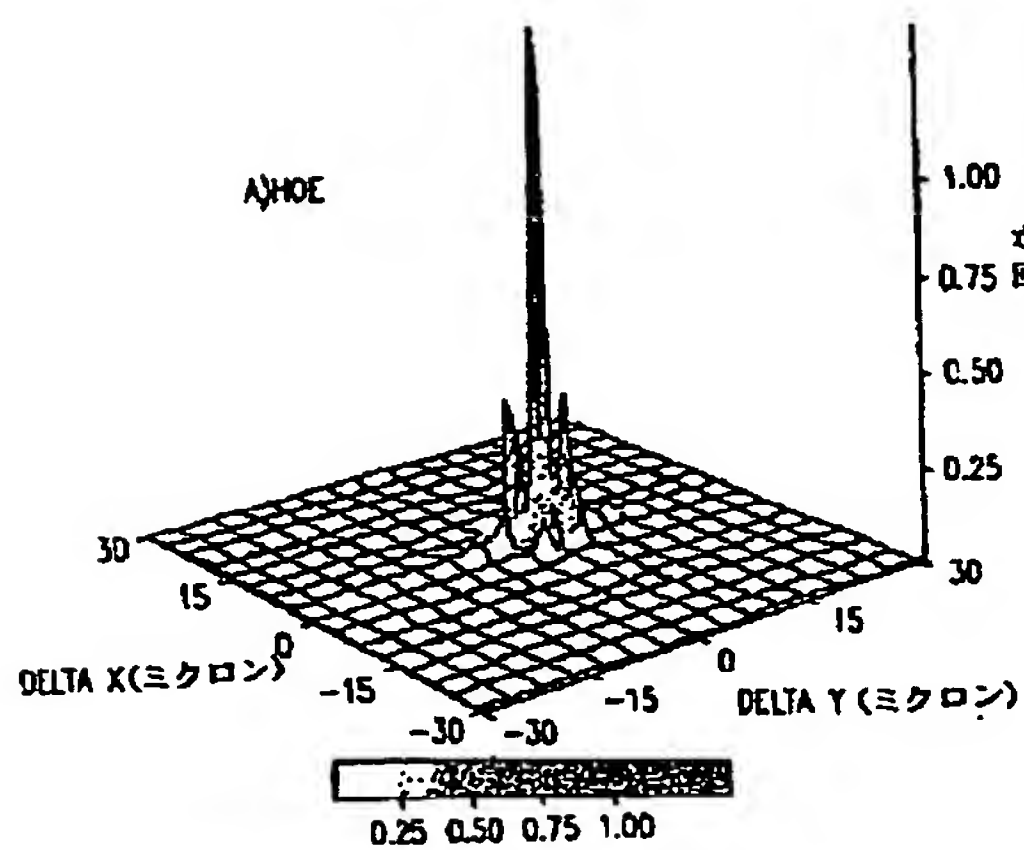
【図 1 2 B】



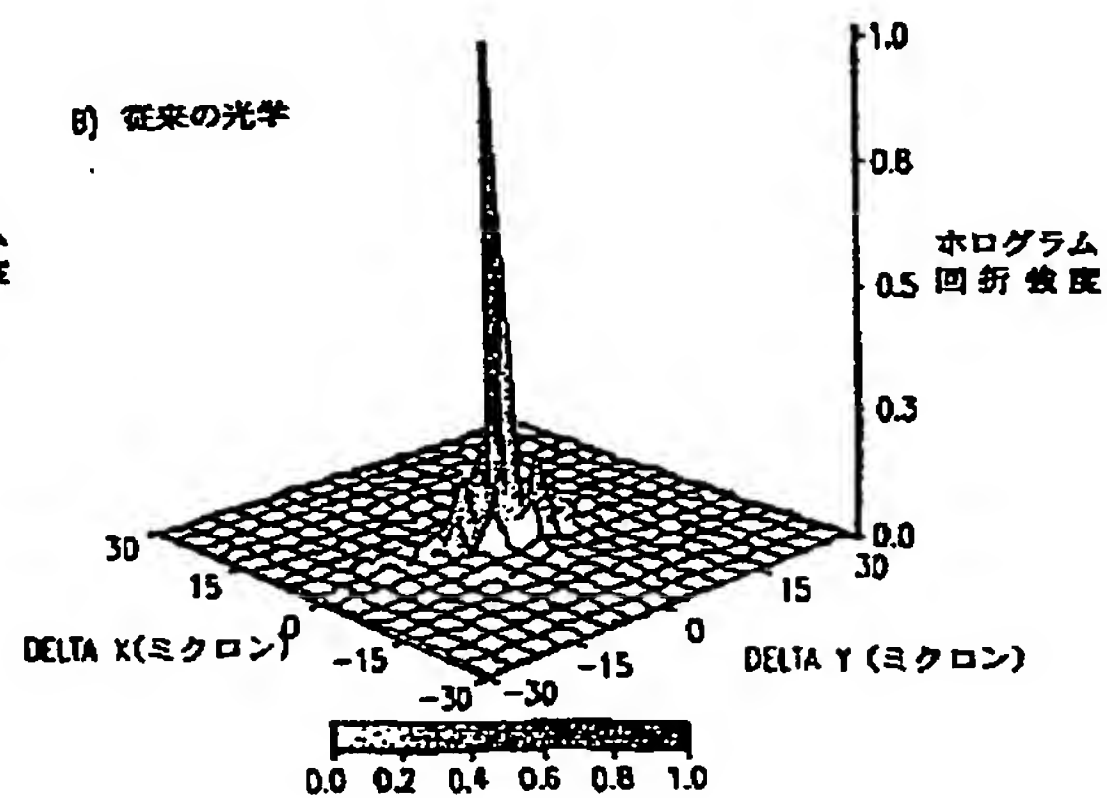
【図 1 2 C】



【図 1 3 A】



【図 1 3 B】



フロントページの続き

(72)発明者 ケヴィン リチャード カーティス  
アメリカ合衆国 07974 ニュージャージー,  
ニュープロヴィデンス, ヒックソン  
ドライブ 193

(72)発明者 ウィリアム ラリー ウィルソン  
アメリカ合衆国 08876 ニュージャージー,  
サマーヴィル, ウェスト クリフ ス  
トリート 130

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

**[Claim 1]** It is a phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system. This system It consists of a holographic optical element (HOE) which saves at least one hologram of at least one HMC criteria beam in the interior. The source of release to which, as for this hologram, this system generates at least one HOE criteria beam further including the optical information corresponding to phase correlation multiplexing criteria arm lens equipment, The source of release which generates at least one HMC object beam, Consist of at least one data storage, and the exposure of this holographic optical element by this HOE criteria beam is followed. This holographic optical element (HOE) reconstructs this HMC criteria beam, and projects this HMC criteria beam from there. And interference with this data-code-ized HMC object beam in the location in this data storage is followed. The system by which this HMC criteria beam is characterized by saving at least one hologram of this data-code-ized HMC object beam in this data storage according to phase correlation redundancy technics.

**[Claim 2]** The system characterized by being made from at least one ingredient chosen from the group in whom this holographic optical element (HOE) contains a photopolymer, a photoresist, heat-resistant plastic material, a refractility ingredient, or a photochromic ingredient in the system according to claim 1.

**[Claim 3]** It is equipment used by the phase correlation multiplexing (PCM) hologram storage system. This equipment It consists of a holographic optical element (HOE) which saves at least one hologram of at least one HMC criteria beam in the interior. This hologram follows the exposure of this holographic optical element by this HOE criteria beam including the optical information corresponding to phase correlation multiplexing criteria arm lens equipment. Reconstruct this HMC criteria beam, and from there, this holographic optical element (HOE) turns this HMC criteria beam to at least one holographic data storage, and projects it. And interference with at least one data-code-ized HMC object beam in the location in this data storage is followed. Equipment characterized by this HMC criteria beam consisting of a holographic optical element which saves at least one hologram of this data-code-ized HMC object beam in this data storage according to phase correlation redundancy technics.

---

**[Translation done.]**

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

**[Detailed Description of the Invention]****[0001]**

**[Field of the Invention]** This invention relates to a holographic memory. This invention relates to the equipment and the approach for generating a light beam in a holographic storage system like a phase correlation multiplexing (Phase Correlation Multiplexing:PCM) holographic storage system more at a detail.

**[0002]**

**[Description of the Prior Art]** A holographic storage system is related to three-dimensions storage of the holography image (hologram) of the refractive index stamped on a storage like a lithium-niobate crystal (crystal of lithium niobate) (imprinted), an absorption coefficient, or the data component as a pattern of the both change. A holographic storage system is characterized by the high-speed engine performance at the time of accessing at random the high density storage engine performance and memorized data, and transmitting them.

**[0003]** Generally, the storage system of a holographic memory is operated by combining a data coding object beam with a criteria beam, and making an interference pattern through a photosensitive storage like a holographic storage cell (HolographicMemory Cell:HMC).

Deterioration of the ingredient in HMC which generates a hologram is included in an interference pattern. Formation of the hologram in the inside of a storage is the function of the relative amplitude and relative polarization condition of an object beam and a criteria beam, and the phase contrast between both. The wavelength and object beam, and criteria beam of an incident beam depend for this also on the include angle projected into a storage greatly again.

**[0004]** The data saved in the shape of holography are reconstructed by projecting a criteria beam similar to the criteria beam used when saving the data into HMC in the same include angle as having been used in order to generate a hologram, wavelength, a phase, and a location. The hologram and criteria beam interact for reconstruction of the saved object beam. For example, an optical detector array is used for the reconstructed object beam next, and it is detected. Next, corrective action of the restored data is carried out to carrier delivery to an output unit.

**[0005]** Usually, the dynamic range of a holographic storage is larger than a part required to save the single hologram equipped with the signal-to-noise ratio which can be received. For this reason, in order to attain larger recording density, in many cases, it is desirable to multiplex two or more holograms in one location. One of the technique of multiplexing has phase correlation multiplexing, and correlation selectivity and the Bragg selectivity (Bragg selectivity) are used for distinction of the hologram overlapped in a storage there. It depends for correlation selectivity on the amplitude with which it is made by the relative displacement of the storage to a criteria beam (either of the directions), a phase, and the include angle of a criteria beam.

**[0006]** However, a multiplexing scheme like phase correlation multiplexing (Phase Correlation Muptiplexsing:PCM) needs the comparatively complicated criteria beam with which a complicated phase mask, a high quality lens, and the fourier flat-surface spatial filtering are concerned in order to make it. though regrettable, a phase mask has elaborate structure, and a lens is expensive and \*\* -- since the required fourier flat-surface spatial filtering to write blocks many of flowing light energies, it increases the energy requirement of a system greatly. And for a system like a phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system, adjustment to the level of the micron (micrometer)

of these elements is important, and the system usually needs to be mutually consistent. Although not impossible, it is difficult to attain the level of such coordination using a conventional component part and a conventional technique in many cases.

[0007] For this reason, supply of a substitute with the coordination in which simplicity and a rendering are comparatively cheap and possible is called for about one or more elements among the criteria arms of a holographic system like a phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system.

[0008]

[Summary of the Invention] This invention is as being prescribed by the claim. The example of this invention contains the equipment which used the advantage of a holographic optical element (Holographic Optical Element:HOE) for reconstruction of the arm of the criteria beam in a holographic storage system (Holographic Memory System:HMS) and a holographic storage system like a phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system. A holographic storage system contains data storage like a holographic storage cell (HMC), the holographic optical element (HOE) for generation of a HMC criteria beam (HOE object beam), the HOE criteria beam that clarifies HOE for generation of a HMC criteria beam, and a HMC object beam including the information expected preservation into HMS ultimately. A holographic optical element (HOE) is formed into a holographic storage ingredient like a photopolymer, a photoresist, heat-resistant plastic material, a refractivity ingredient, and a photochromic ingredient. A holographic optical element (HOE) reconstructs the saved HOE object beam which is clarified by the HOE criteria beam. The reconstructed HOE object beam is used next as a criteria beam for the holographic memory of the information in a data coding HMC object beam. A holographic storage cell (HMC) is installed so that the path of a HMC criteria beam (HOE object beam) and a HMC object beam may be intersected with them in the common volume for the holographic memories of the interference pattern formed of it.

[0009] A holographic optical element (HOE) is generated or formed into a holographic storage ingredient by interfering in a HOE object beam with a HOE criteria beam by the approach that the preservation of an interference pattern in the holographic storage ingredient is attained. It depends for the vectorial angle of an interference beam on distance (D) with the optical equipment used for generation of the holographic optical element (HOE) in comparison with the focal distance of the last lens in the optical equipment with which the holographic optical element (HOE) was used for generation of a transport unit, a reflector, and its holographic optical element (HOE), and its holographic optical element (HOE). Once it is generated, since the holographic optical element (HOE) replaces the criteria arm optical equipment in a holographic storage system, it will become unnecessary [ the complicated criteria mask needed for generation of a criteria beam by many holographic storage systems, a lens, and filter equipment ]. In order that such simplification may abolish the optical loss resulting from the filtering actuation at the time of reading from a holographic optical element (HOE), the throughput of a criteria arm is improved substantially. Consequently, need energy can operate the system according to the example of this invention at a quicker speed few.

[0010]

[Detailed description of invention] In the following explanation, in order to simplify the sequence of drawing and to promote an understanding of this invention through a description of drawing, a similar component part is referred by the same reference number.

[0011] Although a concrete property, a configuration, and equipment are explained below, please understand that it is the object of explanation, then is only. Other steps, a configuration, and equipment can be used without deviating from the pneuma and the range of this invention so that he can understand, if it is the person who became skillful in the technique concerned.

[0012] One of the techniques which multiplex two or more holograms to one place, and raise recording density has phase correlation multiplexing (PCM) as above-mentioned. In phase correlation multiplexing, in order to distinguish the hologram overlapped in a storage, correlation selectivity and the Bragg selectivity are used. In the argument of this paper, utilization of single direction, two directions, or the phase selectivity of the both is included in the vocabulary "phase correlation multiplexing." moreover -- even when phase correlation multiplexing is independent -- or

other Bragg -- please understand an effective thing also in the combination of law, i.e., other technique of migration multiplexing in the direction of a right angle.

[0013] The usual criteria beam path 100 of the conventional phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system (HMS) is shown in drawing 1. For example, the coherent beam (it displays as 105) of the laser beam of a plane wave irradiates the criteria mask 110 (for example, a phase mask, an amplitude mask, or its both) structured by the altitude which encodes a beam of light 105 by guiding a product with wide space bandwidth to up to a plane wave.

[0014] As for the encoded beam, a focal distance progresses distance  $f_1$  toward the lens 115 of the beginning of  $f_1$ . Passage of the first lens 115 produces the Fourier transform of the criteria phase mask 110 in the point of distance  $f_1$  further over the first lens 115. The penetrable high spatial filter 120 is prepared for a Fourier transform flat surface. A filter 120 blocks what [ most ] has the usually low spatial frequency emitted from the criteria mask 110.

[0015] After passing the penetrable high filter 120, the encoded beam progresses distance  $f_2$  toward the lens 125 whose focal distance is the 2nd of  $f_2$ . The encoded beam passes the 2nd lens 125, and it progresses distance  $f_2$  further until it reaches the map flat surface (130 and display). The encoded beam (that to which it was displayed as 140 and the label of A was given) which passes through the map flat surface 130 is a criteria beam for a holographic storage system (HMS).

[0016] The map flat surface 130 is usually one of the candidates of a location who install a holographic storage cell (HMC) or other suitable data storage for storage of a digital hologram for example, into a PCM holographic storage system. However, according to the example of this invention, even if it installs in which flat surface of relevance, a holographic storage cell (HMC) or other suitable data storage need to have an anamnesis, and do not necessarily need to be the map flat surfaces 130, as it becomes clear from the following explanation.

[0017] Drawing 2 shows the generation or formation of the holographic optical element (HOE) 200 by the example of this invention. Especially drawing 2 shows generation of the holographic optical element (HOE) of a transmitting mode. A mask 210, the 1st lens 215, a filter 220, the optical path equipment (it is displayed as 235 and shown by the dotted line) formed with the 2nd lens 225, and each mutual distance are shown in drawing 1, and are the same as that of what was mentioned above. The 1st beam (that to which it was displayed as 240 and the label of A was given) has passed the 2nd lens 225. A beam 240 progresses distance  $D$  toward the holographic storage ingredient 250, or is turned in the direction. In the argument of this paper, a beam 240 is an object beam used for generation or formation of a HOE object beam (beam A) (HOE), i.e., a holographic optical element, so that it may become clear from the following further explanation.

[0018] The HOE object beam 240 passes the holographic storage ingredient 250, and intersects the 2nd beam (that to which it was displayed as 260 and the label of B was given) which is a criteria beam of HOE there. It is discharged in the suitable direction for the coherent beam 260 to be generated by the HOE criteria beam 240 in a source of release 264, and irradiate the holographic storage ingredient 250, and intersect the HOE object beam 240 in the location of the hope in the holographic storage ingredient 250. The interference pattern between the beams 260 and the HOE object beams 240 which are produced as a result is caught as a hologram in the important holographic storage ingredient 250, and changes the holographic storage ingredient 250 into a holographic optical element (HOE) according to the example of this invention in this way.

[0019] Therefore, a beam 260 turns into a "criteria" beam for generating the hologram of the HOE criteria beam 240, i.e., a HOE object beam, in the holographic storage ingredient 250 by such approach. Although what kind of beam is sufficient as long as the HOE criteria beam 260 is suitable, it is usually the beam of the easy plane wave or others of a rendering. If it is the person who became skillful in the field of holography, the HOE object beam 240 and the HOE criteria beam 260 are generated as everyone knows by usually the same or the interference light from a similar laser light source.

[0020] The holographic storage ingredient 250 is the configuration or arrangement of the a certain suitable ingredient or ingredient which has a front face, one record capacity of the volume holograms, or the capacity to create the diffracted light. For example, the holographic storage ingredient 250 is a photopolymer, a photoresist, heat-resistant plastic material, a refractivity ingredient, or a photochromic ingredient. The holographic storage ingredient 250 has the 1st page

(265 and display) and the 2nd page (270 and display) of an opposite hand, is fully even as a whole, or has the quality which can reproduce the wavelength of the light around [ about two ] 1 centimeter (cm).

[0021] Drawing 3 shows the holographic optical element (HOE) 300 in the reflective mode by the example of this invention in which the holographic optical element (HOE) of the above-mentioned transmitting mode displayed on drawing 2 is a holographic optical element (HOE) which has different geometry. A mask 310, the 1st lens 315, a filter 320, the 2nd lens 325, and each mutual distance are shown in drawing 1 and drawing 2  $R > 2$ , and are the same as that of what was mentioned above. As drawing, the HOE object beam 340 passes the 2nd lens 325, and progresses distance D toward the holographic storage ingredient 350, or is turned in the direction.

[0022] However, according to this example of another, the criteria beam 360 (beam B) of HOE is generated in a source of release 364, and it is discharged in the direction of the holographic storage ingredient 350 which is 370 the 2nd page so that it may cross as the HOE object beam 340 in the location of the hope in the holographic storage ingredient 350. In the holographic storage ingredient 350, the interference pattern produced as a result is caught as a hologram, and forms a holographic optical element (HOE) in this way. To especially the holographic optical element in reflective mode being generated using the beam with which the holographic optical element in reflective mode was turned to the field of the opposite hand of a holographic storage ingredient, the holographic optical element of a transmitting mode is the point generated using the beam turned to the same field of a holographic storage ingredient, and differs from the holographic optical element of a transmitting mode.

[0023] As generally shown by drawing 4, to the approach 400 of generating or forming in a holographic storage system (HMS), a holographic optical element Drawing 2 And the step 420 which turns to the location of distance D the first step 410 which sets a holographic storage ingredient, and the 1st beam (HOE object beam) which passes the optical path from optical path equipment as shown in drawing 3 to the direction of a holographic storage ingredient, And step 430 discharged towards the direction of a holographic storage ingredient so that a HOE object beam may be intersected in the 2nd beam (HOE criteria beam) simultaneously with step 420 in the location of the hope in a holographic storage ingredient is included. As shown in drawing 2 and drawing 3, a HOE criteria beam is oriented at a suitable include angle also from which holographic storage ingredient side. An interference pattern is caught by the location of the hope in a holographic storage ingredient, and forms a holographic optical element (HOE) in this way.

[0024] It has the capacity to remember two or more HOE object beams to be also the holographic optical elements (HOE) in both a transmitting mode and reflective mode to the interior by multiplexing. For example, a holographic optical element (HOE) is comparatively thick, for example, when it is 1 millimeter (mm), two or more HOE object beams are multiplexed by the holographic optical element (HOE) by [ to which the character of for example, a HOE object beam is changed ] on the other hand changing the include angle of a HOE criteria beam, wavelength, or a location. Utilization of the combination of a different mask, a filter, or a lens is included in change of a HOE object beam, for example.

[0025] Drawing 5 A and B shows the example of an activity of the holographic optical element (HOE) 550 of a transmitting mode. In order to reconstruct the HOE object beam (beam A) memorized by the holographic optical element (HOE) 550, the same as that of a HOE criteria beam (beam B) or the similar beam 560 is generated in a source of release 564, and the holographic optical element (HOE) 550 is irradiated towards the direction of the holographic optical element (HOE) 550. The beam emitted from the holographic optical element (HOE) 550 when it irradiates is what reconstructed the HOE object beam 540 (beam A), and is the beam A caught by the above-mentioned holographic optical element (HOE) 550 also as the basis. It depends for the content and direction of the HOE criteria beam 560 about the holographic optical element (HOE) 550 on the distance D between the 2nd lens (also see a display and drawing 2 as 525 in optical path equipment 535) and holographic storage ingredients in comparison with the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens between generation of the holographic optical element 550 (for example, the above-mentioned example displayed on drawing 2 ).

[0026] About the holography information saved at the holographic optical element (HOE) 550 when

distance  $D$  is smaller than the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens, the map flat surface (that to which it was displayed as 575 and the label of  $P$  was given) of above-mentioned) and the HOE object beam 540 is formed in the place beyond the holographic optical element (HOE) 550 by ( drawing 2 as shown in drawing 5 A. In such a case, the holographic optical element (HOE) 550 is irradiated with the HOE criteria beam 560 from the field (field 565) of the same side used for generation of the holographic optical element (HOE) 550. Next, the HOE object beam 540 is reconstructed by the interaction of the HOE criteria beam 560 and the holographic optical element (HOE) 550, and forms in the place beyond the holographic optical element (HOE) 550 the map flat surface 575 (or flat surface where others correspond) of the HOE object beam 540.

[0027] For suitable data retrieval, the suitable store 580 (HMC), for example, a holographic storage cell, makes it correlate with the flat surface (that to which it was displayed as 575 and the label of  $P$  was given) concerned, and it is installed. Please understand that it may become, although it is the flat surface where the flat surface concerned includes the map flat surface of a beam of light, or the focus of a HOE criteria beam in many applications. For example, when the optical system of drawing 1 is what creates the fourier flat surface as an output, a flat surface  $P$  can be made into the fourier flat surface. In this way, a flat surface  $P$  can turn into any flat surface concerned of a related holographic storage system (HMS).

[0028] The map flat surface (that to which it was displayed as 575 and the label of  $P$  was given) of the HOE object beam 540 is formed in this side or front face of the holographic optical element (HOE) 550 for the holography information saved at the holographic optical element (HOE) 550 with a distance  $D$  longer than the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens as shown in drawing 5 B. In such a case, with the field used for generation of 2nd field side 570 to the holographic optical element (HOE) 550, since the holographic optical element (HOE) 550 is irradiated from the field of an opposite hand, the complex conjugate (that to which it was displayed as 562 and the label of  $B^*$  was given) of the HOE criteria beam 560 generated in the source of release 563 is used. The complex conjugate (that to which it was displayed as 542 and the label of  $A^*$  was given) of the HOE object beam 540 is reconstructed by the interaction of a beam 562 ( $B^*$ ) and the holographic optical element (HOE) 550 next, and forms the flat surface (575 and display) concerned of beam  $A^*$  in this side or front face of the holographic optical element (HOE) 550. For suitable data retrieval, suitable data storage is installed in the flat surface concerned. For example, in a PCM holographic storage system, HMC is installed in the flat surface concerned.

[0029] Similarly, drawing 6 A-B shows the holographic optical element (HOE) 650 in reflective mode. Usually, a HOE object beam (beam  $A$ ) is reconstructed by discharging the HOE criteria beam 660 (or beam similar to this), irradiating this in the direction of the holographic optical element (HOE) 650 from a source of release 664. It depends for the content and direction of the HOE criteria beam 660 (beam  $B$ ) about the holographic optical element (HOE) 650 on the distance  $D$  between the 2nd lens (also see a display and drawing 3 as 625 in the arrangement 635 of an optical path) and holographic storage ingredients in comparison with the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens between generation of the holographic optical element 650 (for example, the above-mentioned example displayed on drawing 3 ).

[0030] When the distance  $D$  between generation of the holographic optical element (HOE) 650 is smaller than the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens, the map flat surface (that to which it was displayed as 675 and the label of  $P$  was given) of the HOE object beam 640 is formed in the place beyond the holographic optical element (HOE) 650 as shown in drawing 6 A. In such a case, the holographic optical element (HOE) 650 is irradiated with the HOE criteria beam 660 from 2nd field side 670. Next, like the above-mentioned explanation, the HOE object beam 640 is reconstructed by the interaction of the HOE criteria beam 660 and the holographic optical element (HOE) 650, and forms the map flat surface 675 (or the other flat surfaces concerned) of the HOE object beam 640 in the place beyond the holographic optical element (HOE) 650. For suitable data retrieval, suitable data storage like the holographic storage cell 680 (HMC) is installed in the flat surface concerned. As mentioned above about drawing 5 A-B, which flat surface concerned for a related holographic storage system (HMS) is able to turn into a flat surface  $P$ .

[0031] When the distance  $D$  between generation of the holographic optical element (HOE) 650 is larger than the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens, the map flat surface 675 (that to which the label of  $P$

was given) of the complex conjugate of the HOE object beam 642 is formed in this side or front face of the holographic optical element (HOE) 650 for the holographic optical element (HOE) 650 with a distance  $D$  longer than the focal distance  $f_2$  of the 2nd lens, as shown in drawing 6 B. In such a case, the holographic optical element (HOE) 650 is irradiated by the complex conjugate (that to which it was displayed as 662 and the label of  $B^*$  was given) of the HOE criteria beam generated in the source of release 663. the field used while beam  $B^*$  recorded data in the holographic optical element (HOE) 650 -- objection -- the 1st page irradiates the holographic optical element (HOE) 650 from 665. The complex conjugate (that to which it was displayed as 642 and the label of  $A^*$  was given) of a HOE object beam is reconstructed by the interaction of a beam 662 ( $B^*$ ) and the holographic optical element (HOE) 650, and forms the map flat surface 675 or the flat surface concerned of other beam  $A^*$  in this side or front face of the holographic optical element (HOE) 650. Usually, data storage like a holographic storage cell (HMC) is installed in the flat surface concerned for suitable data retrieval.

[0032] Therefore, the approach 700 of using the holographic optical element by the example of this invention as generally shown in drawing 7 The 1st step 710 which supplies the holographic optical element which has the holography-expression gestalt of the encoded data beam (for example, HOE object beam), The 2nd step 720 which interacts with the holography information which turned the beam (for example, HOE object beam) to the direction of a holographic optical element, irradiated the holographic optical element, and was saved in it, The 3rd step 730 which saves the reconstructed beam (for example, HOE object beam) at the flat surface concerned of the reconstructed beam is included. The complex conjugate (for example, beam  $B^*$ ) of a HOE criteria beam (for example, the beam B) and a HOE criteria beam is discharged at a suitable include angle from a side with a suitable holographic optical element as illustrated and mentioned above to drawing 5 A-B and drawing 6 A-B.

[0033] For example, above-mentioned explanation shows that a holographic optical element (HOE) can carry out self-renewal on a scale of mass production method. For example, if the holographic optical element (HOE) used as a master is generated once first, it is possible to create the duplicate using Prior arts, such as a  $**$  mark and embossing. Moreover, it also turns out that the large quantity duplicate of a holographic optical element (HOE) is possible. That is, the holographic optical element (HOE) generated first is used for generation of the 2nd same holographic optical element (HOE). Reading appearance of the data of the holographic optical element (HOE) generated first is carried out, and, more specifically, they are used for generation of the 2nd holographic optical element (HOE). The continuation duplicate of the holographic optical element (HOE) which includes the same information by this approach is attained.

[0034] According to the example of this invention, the storage of the beam to the center of the field or Fresnel region (Fresnel region) mentioned above of a holographic optical element is possible also for saving the HOE object beam in the field near it to objection. The flat surface (for example, map flat surface) concerned of a HOE object beam is formed just before a holographic storage ingredient or in immediately after during formation of a holographic optical element as shown in drawing 8 A-B (for example, the usual holographic storage system some pixels or the range of less than about 2mm). If the reconstructed HOE object beam is installed near a store like HMC by this approach, the reconstructed HOE object beam will be projected into HMC or other data storage.

[0035] If drawing 8 A is seen, a holographic optical element (HOE) will be formed by approach which the HOE object beam 840 (beam A) was saved in the holographic storage ingredient 850, for example, was mentioned above. More specifically, the HOE object beam 840 generated in the source of release 864 and the HOE criteria beam 860 (beam B) progress toward the holographic storage ingredient 850 by approach by which the interference pattern of these two beams is saved into the sensitization part of the holographic storage ingredient 850. It turns out that the flat surface (that to which it was displayed as 875 and the label of P was given) concerned of the HOE object beam 840 is formed immediately after a holographic storage ingredient.

[0036] In this way, when the holographic optical element (HOE) 850 is installed near [ less than ] HMC880 (i.e., about 2mm) as shown in drawing 8 B, in response to reconstruction of the HOE object beam 840 (beam A) from the holographic optical element (HOE) 850, the flat surface 875 of relevance is projected into HMC880 (or other suitable data storage). When it is practical to

summarize the holographic optical element (HOE) 850 and HMC880 to 1 set as a pair of the portable mold for using it within one or more holographic storage systems, the one where spacing of the holographic optical element (HOE) 850 and HMC880 is comparatively narrower is advantageous. In this way, both the "read-out head" (HOE850) of a holographic storage system and a "storage" (HMC880) become a portable mold efficiently together.

[0037] Moreover, since the holographic optical element (HOE) 850 is used for reconstruction of the HOE object beam 840 and a HMC object beam (that to which it was displayed as 885 and the label of C was given) can pass the holographic optical element (HOE) 850 convenient, the example shown in drawing 8 A-B is advantageous. Since the holographic optical element (HOE) 850 is dependent on the Bragg adjustment diffraction (reconstructed HOE object beam 840) and does not adjust the HMC object beam 885 in it, the HMC object beam 885 passes the holographic optical element (HOE) 850 convenient.

[0038] Please care about that the HMC object beam 885 (beam C) expresses with this argument the object beam used when saving holography information HMC880. The HOE object beam 840 acts as the object beam during generation of the holographic optical element (HOE) 850, or formation as mentioned above on the occasion of explanation of the HOE object beam 840 (beam A) of this paper. However, during preservation, the HOE object beam 840 of HMC880 of holography information acts as a criteria beam to HMC880, and, on the other hand, the HMC object beam 885 acts as an object beam to HMC880.

[0039] A holographic optical element (HOE) has the capacity to memorize two or more object beams (this case HMC criteria beam) in that interior by multiplexing as above-mentioned. That is, for example, two or more HMC criteria beams are multiplexed in a holographic optical element (HOE) by changing the include angle of a HOE criteria beam, wavelength, or a location, changing the property of a HMC criteria beam by one side. Utilization of the combination of a different mask, a filter, or a lens is included in change of a HMC criteria beam, for example.

[0040] Another example of this invention which includes the accommodation information which assists accommodation of a holographic optical element in drawing 9 A-B as a part of information which is saved in a holographic storage ingredient and is behind reconstructed from a holographic optical element is shown. While saving information in the circumference field of the holographic storage ingredient 950 as shown in drawing 9 A (between generation of a holographic optical element), the HOE object beam 940 is saved by approach which was mentioned above, for example. That is, the HOE object beam 940 and the HOE criteria beam 960 (what was generated in the source of release 964) are transmitted to the holographic storage ingredient 950 by the approach that the interference pattern of these two beams is saved into the sensitization part of the holographic storage ingredient 950. It is shown that the flat surface (that to which it was displayed as 975 and the label of P was given) concerned of the HOE object beam 940 is formed immediately after a holographic storage ingredient.

[0041] However, in this example, an accommodation beam (that to which it was displayed as 990 and the label of E was given) including accommodation information is also transmitted to the interior towards the holographic storage ingredient 950, and it is saved in that interior with the HOE object beam 940. In a final optical system, even if it sets up so that joint transfer may be carried out with the HMC object beam 985 (beam C), it is not necessary to carry out the accommodation beam 990.

[0042] The accommodation beam 990 and the HMC criteria beam 940 are simultaneously reconstructed by the HOE criteria beam of drawing 9 a, resemblance, or the one same HOE criteria beam 960 during the activity of the holographic optical element (HOE) 950 as shown in drawing 9 B. The HMC criteria beam 940 is used, and the HMC object . beam 985 and the reconstructed accommodation beam 990 are memorized by HMC980 or other suitable storage, and this is passed. After passing HMC980, the accommodation beam 990 hits an optical detector (not shown), and the reaction brings about the information about the accommodation condition of the holographic optical element (HOE) 950. Such information enables dynamic accommodation of the holographic optical element (HOE) 950. Moreover, the accommodation beam 990 is saved with the HMC object beam 985 at HMC980, and if the HMC object beam 985 is reconstructed, the accommodation beam 990 will also be reconstructed.

[0043] The reconstructed accommodation beam offers information by the case of the holographic

optical element (HOE) 950, and the similar approach about accommodation of HMC980. Moreover, such an example makes possible coherent cross protection between the accommodation beam 990 reconstructed from the holographic optical element (HOE) 950, and the accommodation beam reconstructed from HMC980, and it brings about the information about the relative accommodation between the holographic optical element (HOE) 950 and HMC980.

[0044] In order to reconstruct many HOE object beams behind, two or more redundancy technics for saving in one holographic optical element (HOE) exist, as mentioned above. such a technique -- for example, Bragg -- there is multiplexing of the include angle by law (duplication hologram), wavelength, or a phase or spatial multiplexing by saving a hologram in the location where HOE(s) differ (it does not overlap).

[0045] Drawing 10 A-B which shows two examples of general Bragg multiplexing of reconstruction of a HOE object beam as an example is considered. Generally drawing 10 A shows the reconstruction which used each HOE criteria beam (that to which it was displayed as 1060 and the label of B1 and B-2 was given) of two HOE object beams (that to which it was displayed as 1040 and the label of A1 and A2 was given) to the discharge direction same from the same location of the holographic optical element (HOE) 1050. By this approach, the HOE object beams A1 and A2 are discharged towards the same unspecified location of HMC (not shown). However, in order to enable mutual distinction, the HOE object beams A1 and A2 have different wavelength, phase structure, or its both.

[0046] The HOE object beams A1 and A2 too -- the same unspecified location (about mutual, come out and it is) of HOE1050 not necessarily -- beams A1 or A2 or both of those -- being related -- coming out -- by being oriented towards the same unspecified location of HOE1050, interfering in the HOE criteria beam B1 and B-2 which turned for there being nothing and were oriented at an angle of unspecified [ same ] It was saved in the same unspecified location. The criteria beam B1 and B-2 are discharged towards the location of HOE1050 to mutual at the same or a different include angle.

[0047] Generally drawing 10 B shows reconstruction of each HOE criteria beam B1 when the firing angle from the same location of the holographic optical element (HOE) 1050 differs from each other (it generally turned to another location of HMC), and the HOE object beams A1 and A2 using B-2. Therefore, from the same unspecified location in HOE1050, the HOE object beams A1 and A2 are different firing angles, and are saved in HOE1050 (and reconstructed in this way). Moreover, beams A1 and A2 do not necessarily need to have the same wavelength, phase structure, or its both.

[0048] Drawing 11 A-B which shows two examples of general spatial multiplexing of reconstruction of a HOE object beam shows another possibility. Generally drawing 11 A shows reconstruction of two HOE object beams A1 and A2 from the location where the same discharge direction differs from the holographic optical element (HOE) 1150. In this example, generally it is discharged towards another location of HMC (not shown), and even if the reconstructed beams A1 and A2 have the same wavelength, phase structure, or its both, it is not necessary to have them. As drawing, the HOE criteria beam B1 and B-2 are the same include angles, or are a different include angle in alternative, and are discharged towards the location where HOE(s)1150 differ.

[0049] Firing angles differ, however, generally drawing 11 B shows reconstruction of two HOE object beams (that to which it was displayed as 1140 and the label of A1 and A2 was given) from the same location of the holographic optical element (HOE) 1150. Although generally discharged towards the same unspecified location of HMC (not shown), the incident angle of the beams A1 and A2 reconstructed by this approach is not the same. Even if it has the same wavelength, phase structure, or its both, it is not necessary to have the reconstructed beams A1 and A2. As drawing, a HOE criteria beam (that to which it was displayed as 1160 and the label of B1 and B-2 was given) is the same include angle, or is a different include angle in alternative, and is discharged towards the location where HOE(s)1150 differ.

[0050] or, as for the point which should be taken into consideration one more about the activity of the HOE object beam (HMC criteria beam) discharged from a holographic optical element (HOE), a beam is reconstructed by time order -- time amount juxtaposition ---like and each various combination -- \*\* -- it is the point to say. The activity which was the sequence of HMC criteria beams, such as A1, A2, etc. which were reconstructed from one HOE, makes possible multiplex

reading of HMC in the inside of each HMC multiplexing step. HMC is irradiated in order to reconstruct each data page (beam C), for example, a HMC object beam, from HMC according to this to the time amount one of the HMC criteria beams was decided to be. If one of the above-mentioned HMC criteria beam reconstruction techniques is used, it is possible for it to be such as an example (drawing 10 A-B and drawing 11 A-B).

[0051] The juxtaposition activity of HMC criteria beams, such as A1, A2, etc. which were reconstructed from one HOE, makes possible multiplex reading of HMC in the inside of each HMC multiplexing step. By this approach, in order to reconstruct from one data page (beam C) of HMC or HMC to the time amount two or more HMC criteria beams were decided to be, one of data multiplex pages (beam C), for example, a HMC object beam, HMC is irradiated. If one of the above-mentioned HMC criteria beam reconstruction techniques is used, it is possible for it to be such as an example (drawing 10 A-B and drawing 11 A-B).

[0052] When reconstructing two or more data pages (HMC object beam) in given time amount, one data page is turned to the detector array of itself, and raises the parallelism of a data throughput in this way. When reconstructing one data page (HMC object beam) in given time amount, in order that two or more HOE object beams may reconstruct one data page, it acts in cooperation, and the multiplexing consistency of HMC is raised in this way. the HMC object beam (beam C) divided from the same space position of HMC -- joining together (all being turned to the same detector array) -- or it is possible for it to be such as an example by that (for all to be turned to the same detector array) either which combines the HMC object beam (beam C) divided from another space position of HMC. for example, at a Prior art, the HMC object beam from which eight pieces (23) differ is reconstructed by this approach the place where only three HMC object beams are reconstructed by using three HOE object beams (respectively -- the condition of either "ON" or "OFF").

[0053] For example, drawing 12 A-C illustrates various examples of an activity of collimated beam reconstruction. The exposure of the holographic optical element (HOE) 1250 according [ drawing 12 A ] to the HOE criteria beam 1260 (B1 and B3), Generation of the HOE object / HMC criteria beam by it (A1 and A3), Generally generation of the at least one ask and according to the inquiry HMC object beam 1285 (Beam Cj and display) by it to the suitable data storage of HMC1280 or others in one space position of the interior is illustrated. The HOE criteria beam (B-2 and B3) which this showed to drawing 12-B irradiates the holographic optical element (HOE) 1250. Generation of the HOE object / HMC criteria beam by it (A2 and A3), It is compared with the example of generation of the inquiry to HMC1280 in one space position of the interior by it, and at least one HMC object beam 1285 (Beam Ck and display) by the inquiry. In this way, generation of a data page beam which is different in the combination from which the same beam differs is attained.

[0054] In another example of drawing 12 C, the HOE criteria beam 1260 (B-2 and B3) irradiates the holographic optical element (HOE) 1250, this generates a HOE object / HMC criteria beam (A2 and A3), an inquiry is performed by that cause HMC1280 in another space position of the HMC1280 interior, they synthesize, and the HMC object beam 1285 (Beam Cm and display) is generated.

[0055] Drawing 13 A-B illustrates the example of a comparison of the conventional holographic storage system and the holographic storage system which used the holographic optical element (HOE) by the example of this invention. Generally, for PCM holography, record of a hologram with a complicated criteria arm is important, and a usually very narrow selection function arises. For this reason, if phase correlation multiplexing (PCM) holography is used, a very high consistency (or more [ for example, ] an about 300-channel bit / mum<sup>2</sup>) will become possible. For example, when correlation between a criteria beam and a hologram is the one half of maximum, width of face is less than about 5 micrometers on the whole. This peak expresses the diffraction reinforcement of the hologram saved as a function of the location of HMC.

[0056] Drawing 13 A is the plot of the comprehensive diffraction efficiency of a hologram recorded using complicated \*\*\*\* as a function of mutual relative migration of a holographic storage cell (HMC) or a HMC criteria beam. With this equipment, the used criteria arm is the chirp phase mask from which a phase 0 or pi was chosen at random, and the train of the pixel of the rectangle (15-5 to 15 micrometer) from which x dimensions change linearly so that about 15 micrometers of one sides may return to the reverse side of that pixel further from under about 15 micrometers to middle about

5 micrometers is included. It was projected on the holographic storage cell (HMC) using 4f optical system as the fourier filter (what the high transmittance filter set at the fourier flat surface) covered over this mask, for example, shown in drawing 1. The hologram with a diameter (mm) of about 5 millimeters was moved per micron, and total diffraction reinforcement was measured as a function of a relative position. The result is plotted to drawing 13 A.

[0057] Drawing 13 B is the plot of the comprehensive diffraction efficiency of a hologram recorded using the holographic optical element (HOE) by the example of this invention as a function of mutual relative migration of a holographic storage cell (HMC) or a HMC criteria beam. Full [ in the one half of the maximum plotted by drawing 13 B according to the example of this invention ] is similar with what [ what was recorded by the conventional optics (4f optical system) ], i.e., the comprehensive diffraction reinforcement plotted by drawing 13 A, as drawing shows. The same progress is repeated and the physical size of a hologram is the same (5mm). The HOE object beam in this case is the same as that of what was used for generation of the data plotted by drawing 13 A.

[0058] Without deviating from the nucleus and range of this invention defined by all attached claim and equivalent attached things, it changes variously or the holographic storage system explained here, equipment, and the example of an approach can be substituted as it understands, if it is the man well versed in this field.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DESCRIPTION OF DRAWINGS**

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is drawing showing the optical path and the related element of the conventional criteria beam in a holographic system like a phase correlation multiplexing (PCM) holographic storage system.

[Drawing 2] It is drawing showing the generation or formation of a transmitting mode of a holographic optical element by the example of this invention.

[Drawing 3] It is drawing showing the generation or formation of reflective mode of a holographic optical element by the example of this invention.

[Drawing 4] It is the block diagram showing the formation approach of the holographic optical element by the example of this invention.

[Drawing 5 A] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 2 by the example of this invention.

[Drawing 5 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 2 by the example of this invention.

[Drawing 6 A] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 3 by the example of this invention.

[Drawing 6 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 3 by the example of this invention.

[Drawing 7] It is the block diagram showing the usage of the holographic optical element by the example of this invention.

[Drawing 8 A] It is drawing showing the generation or formation of a holographic optical element by another example of this invention.

[Drawing 8 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 8 a.

[Drawing 9 A] It is drawing showing the generation or formation of a holographic optical element by another another example of this invention.

[Drawing 9 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element of drawing 9 a.

[Drawing 10 A] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using various Bragg redundancy technics.

[Drawing 10 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using various Bragg redundancy technics.

[Drawing 11 A] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using various spatial redundancy technics.

[Drawing 11 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using various spatial redundancy technics.

[Drawing 12 A] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using the concurrency activity of the reconstructed beam.

[Drawing 12 B] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using the concurrency activity of the reconstructed beam.

[Drawing 12 C] It is drawing showing utilization of the holographic optical element using the concurrency activity of the reconstructed beam.

[Drawing 13 A] It is drawing showing the plot of the comprehensive diffraction efficiency of the hologram recorded as a function of mutual relative migration of the holographic storage cell (HMC)

using conventional optical equipment, or a HMC criteria beam.

[Drawing 13 B] It is drawing showing the plot of the comprehensive diffraction efficiency of the hologram recorded as a function of mutual relative migration of the holographic storage cell (HMC) using the holographic optical element (HOE) by the example of this invention, or a HMC criteria beam.

[Description of Notations]

100 Criteria Beam Path

105 Coherent Beam

110 Criteria Mask

115 Lens

120 Filter

125 Lens

130 Map Flat Surface

140 Beam

200 Holographic Optical Element (HOE)

210 Mask

215 Lens

220 Filter

225 Lens

235 Optical Path Equipment

240 Beam

250 Holographic Storage Ingredient

260 Beam

264 Source of Release

265 1st Page of Holographic Storage Ingredient

270 This 2nd Field

525 Lens

535 Lens

540 HOE Object Beam 540

550 Holographic Optical Element (HOE)

560 HOE Criteria Beam

564 Source of Release

575 Map Flat Surface

580 Holographic Storage Cell

---

[Translation done.]

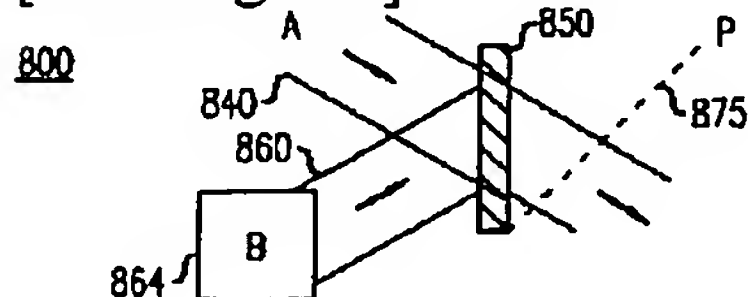
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

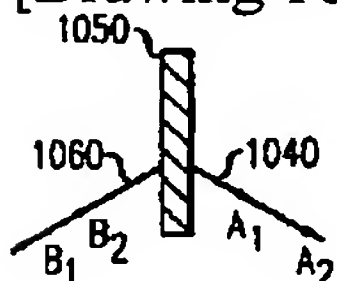
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

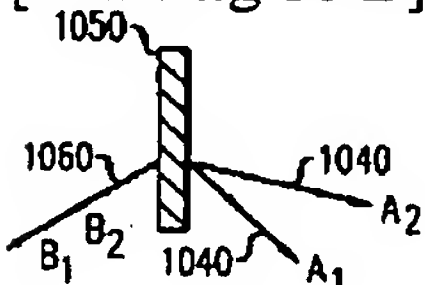
[Drawing 8 A]



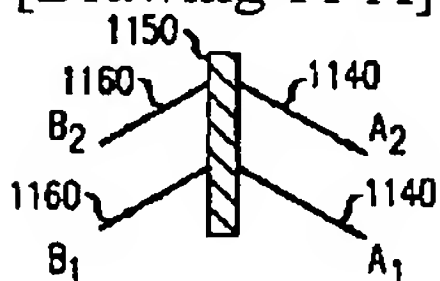
[Drawing 10 A]



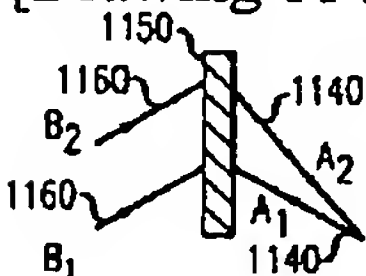
[Drawing 10 B]



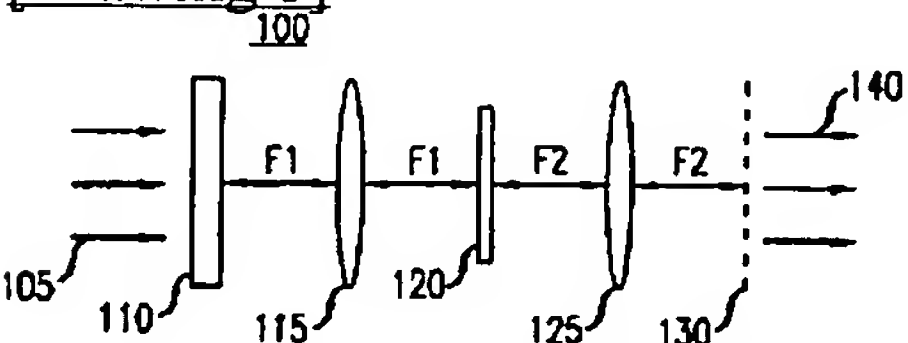
[Drawing 11 A]



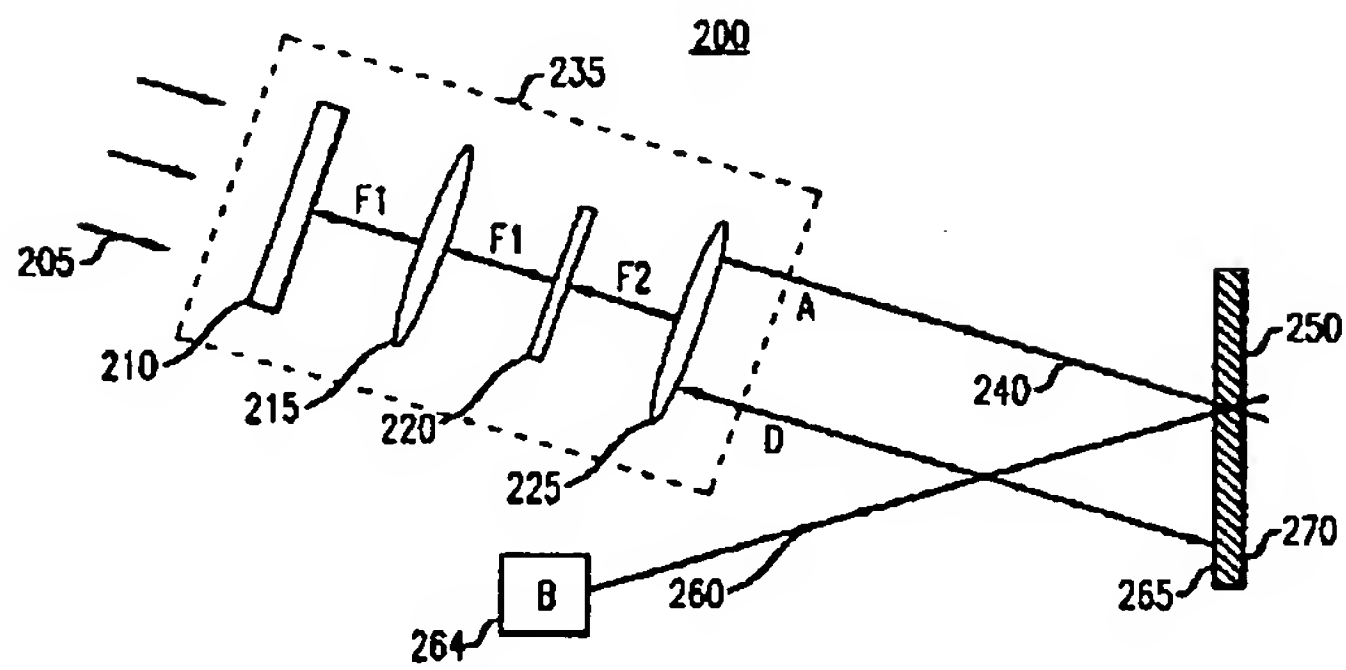
[Drawing 11 B]



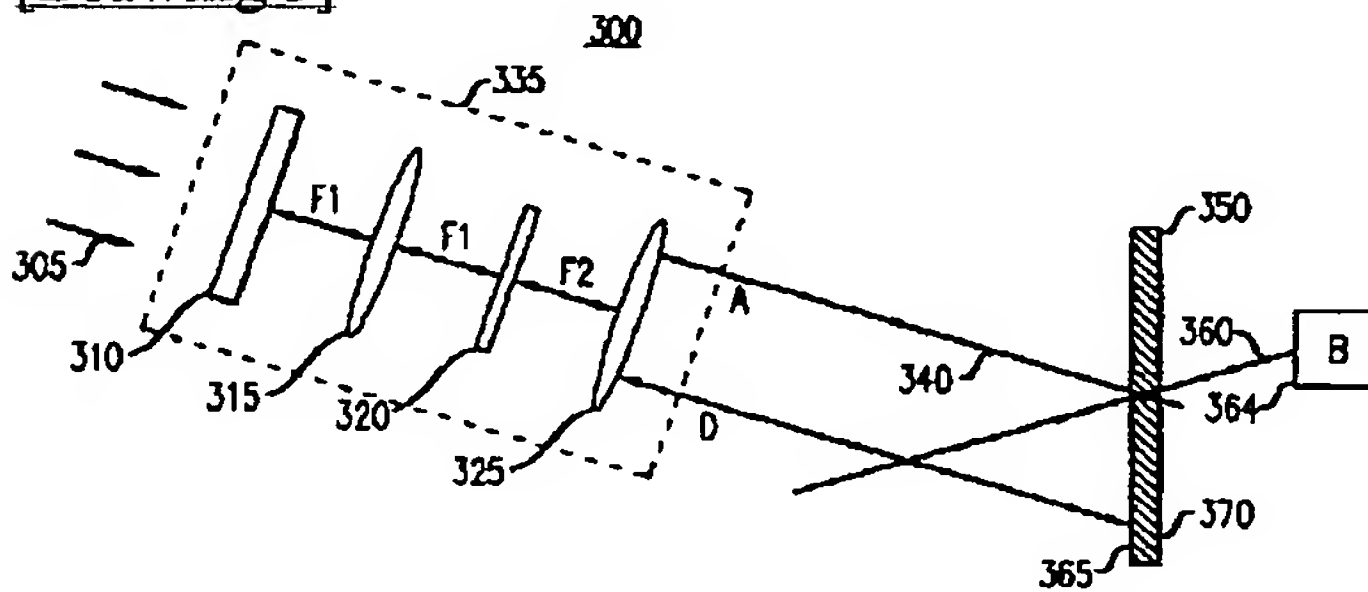
[Drawing 1]



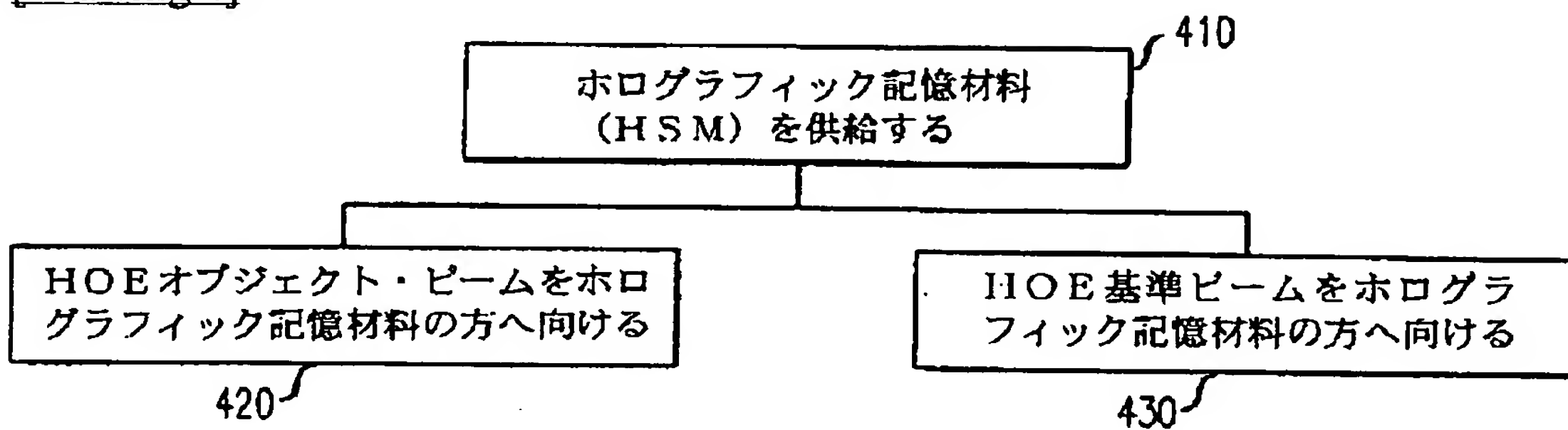
[Drawing 2]



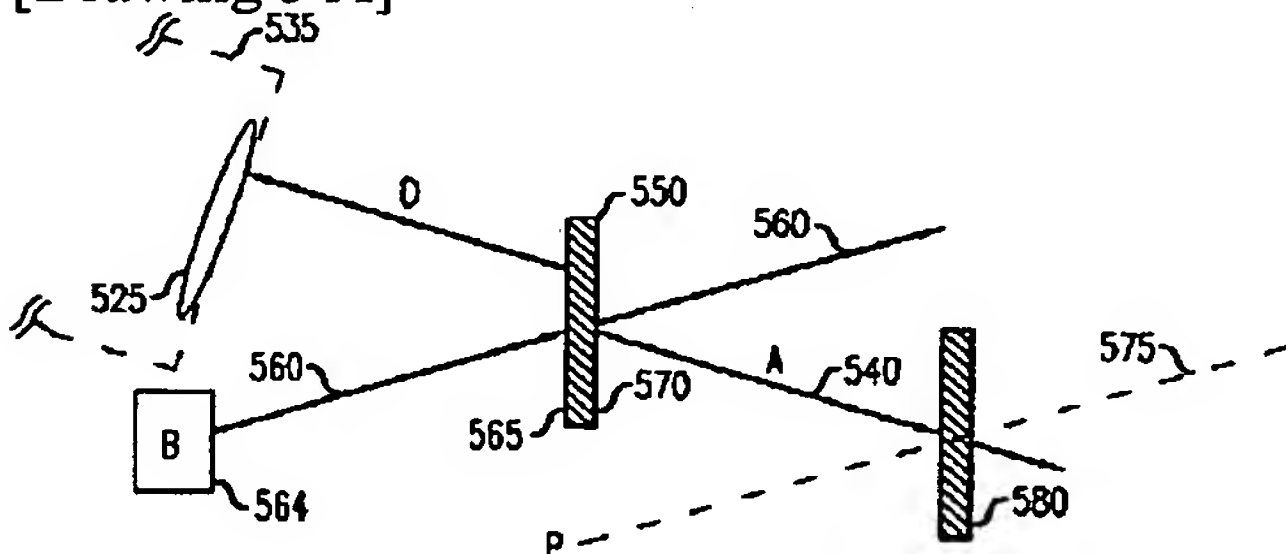
[Drawing 3]



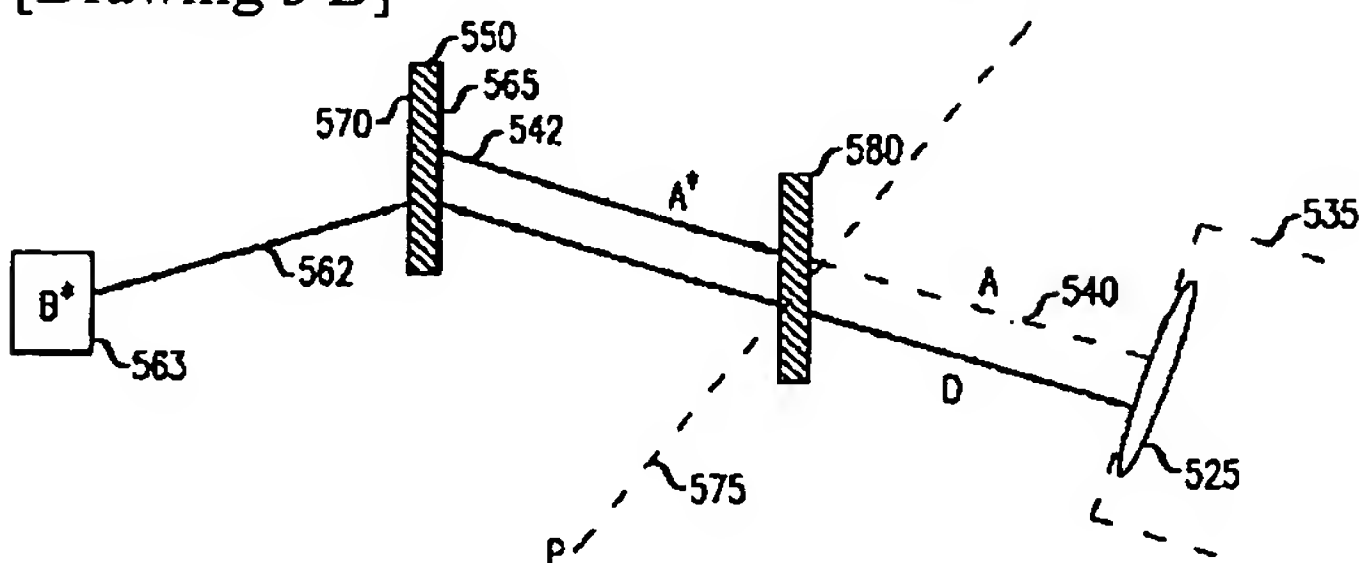
[Drawing 4]



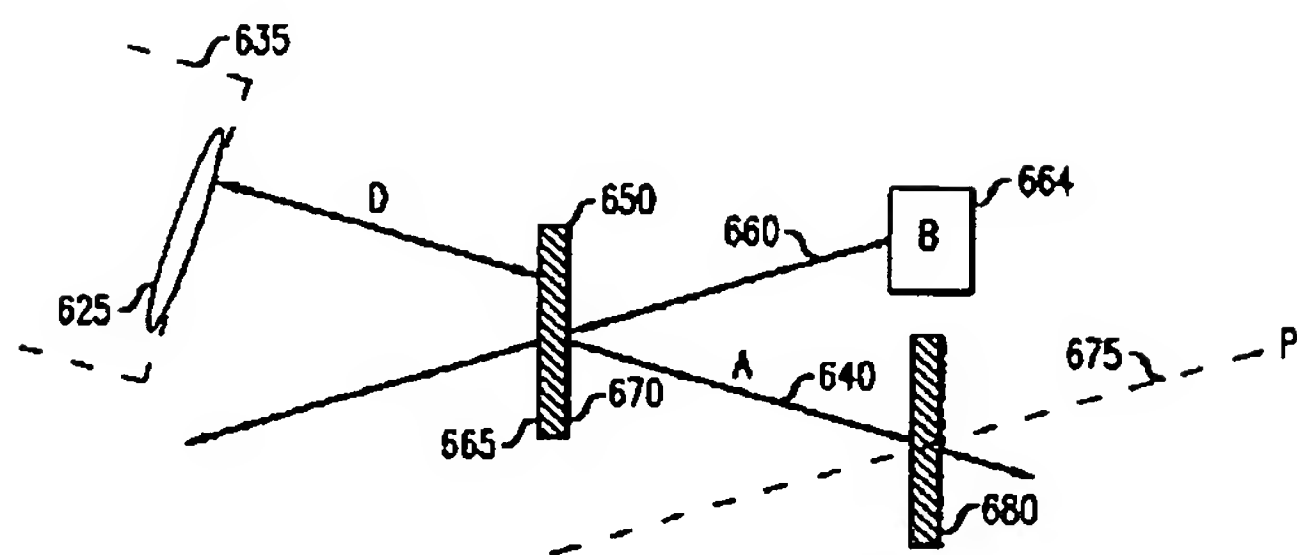
[Drawing 5 A]



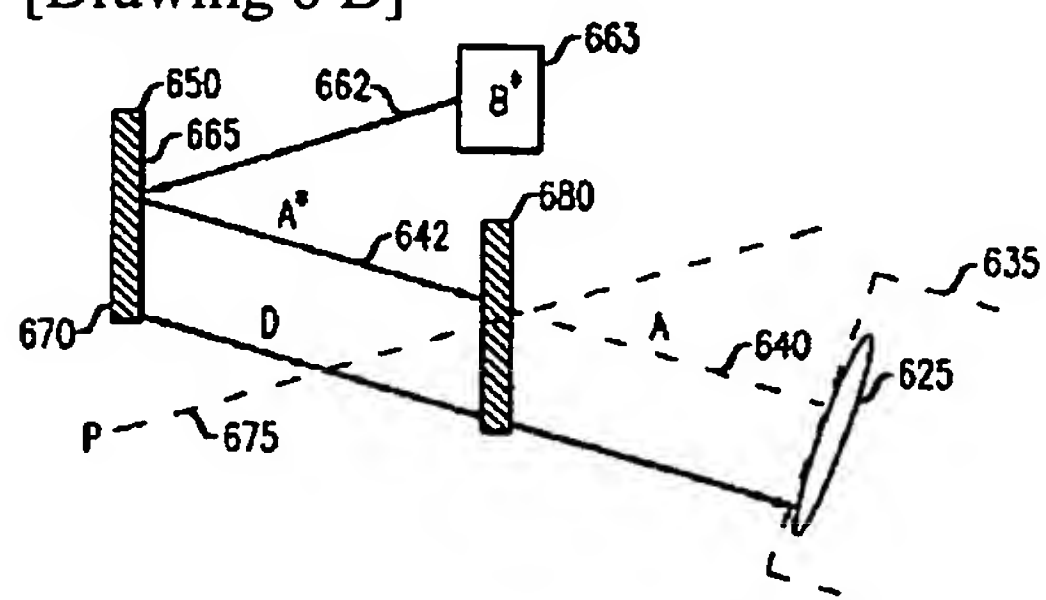
[Drawing 5 B]



[Drawing 6 A]

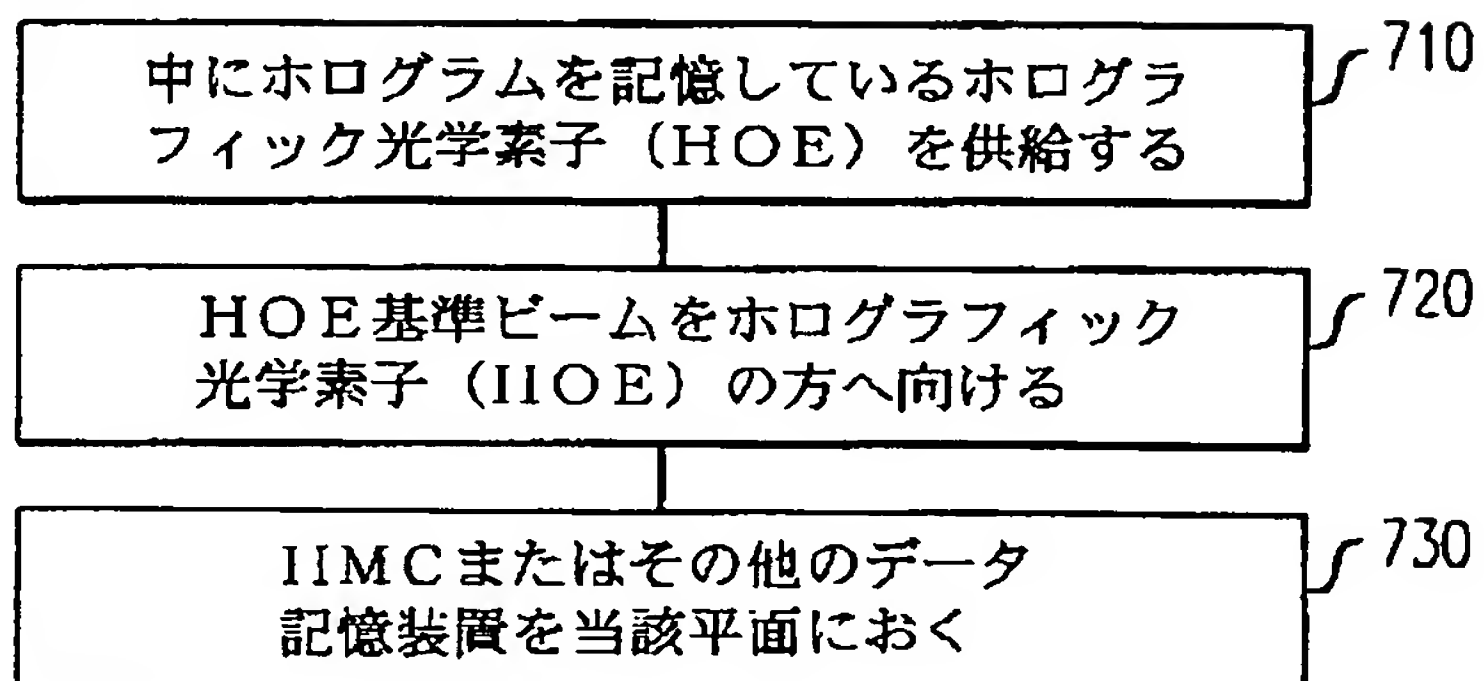


[Drawing 6 B]

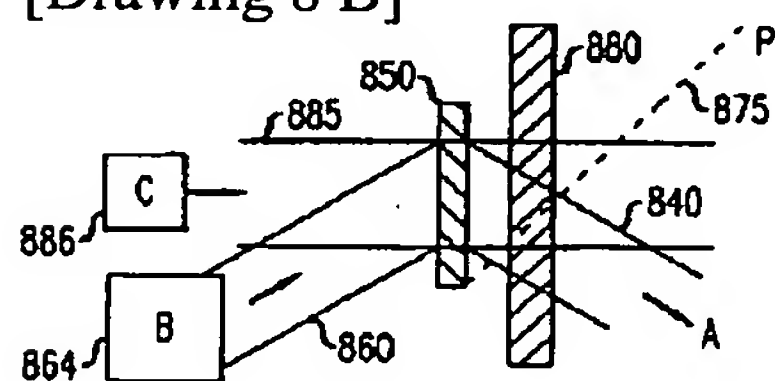


[Drawing 7]

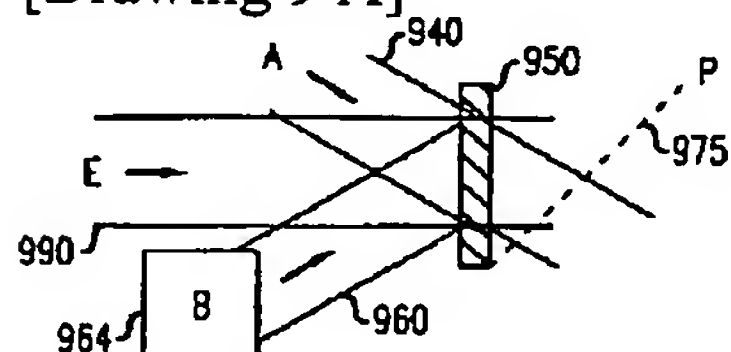
700



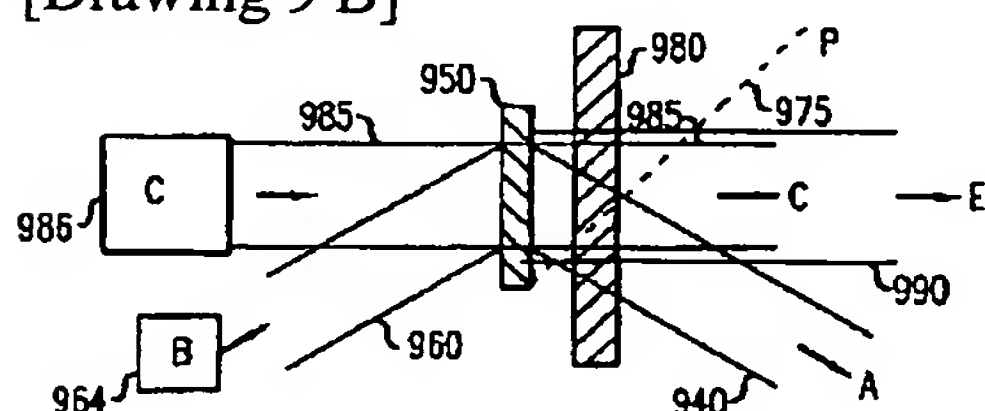
[Drawing 8 B]



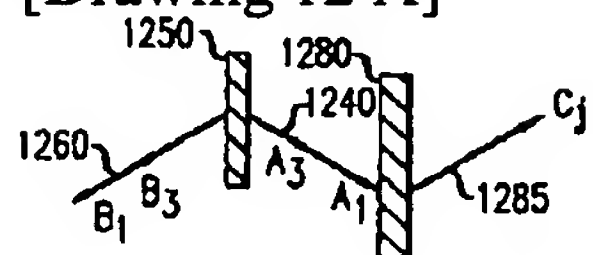
[Drawing 9 A]



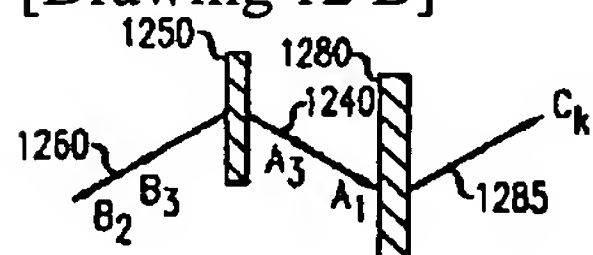
[Drawing 9 B]



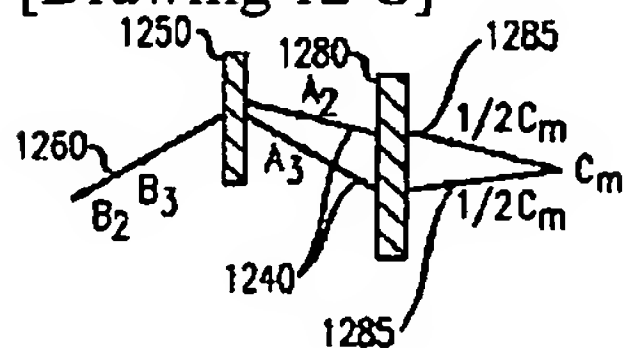
[Drawing 12 A]



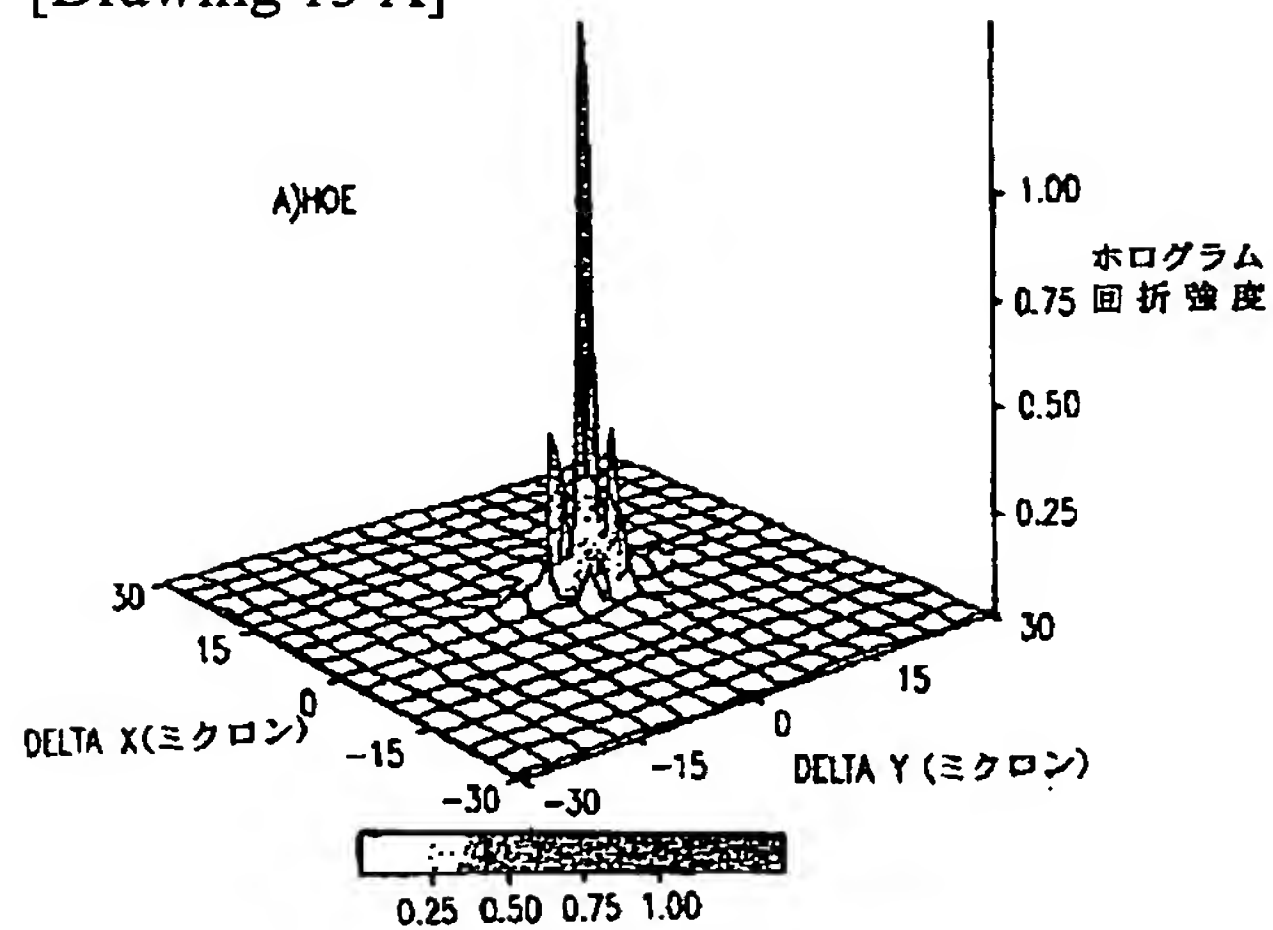
[Drawing 12 B]



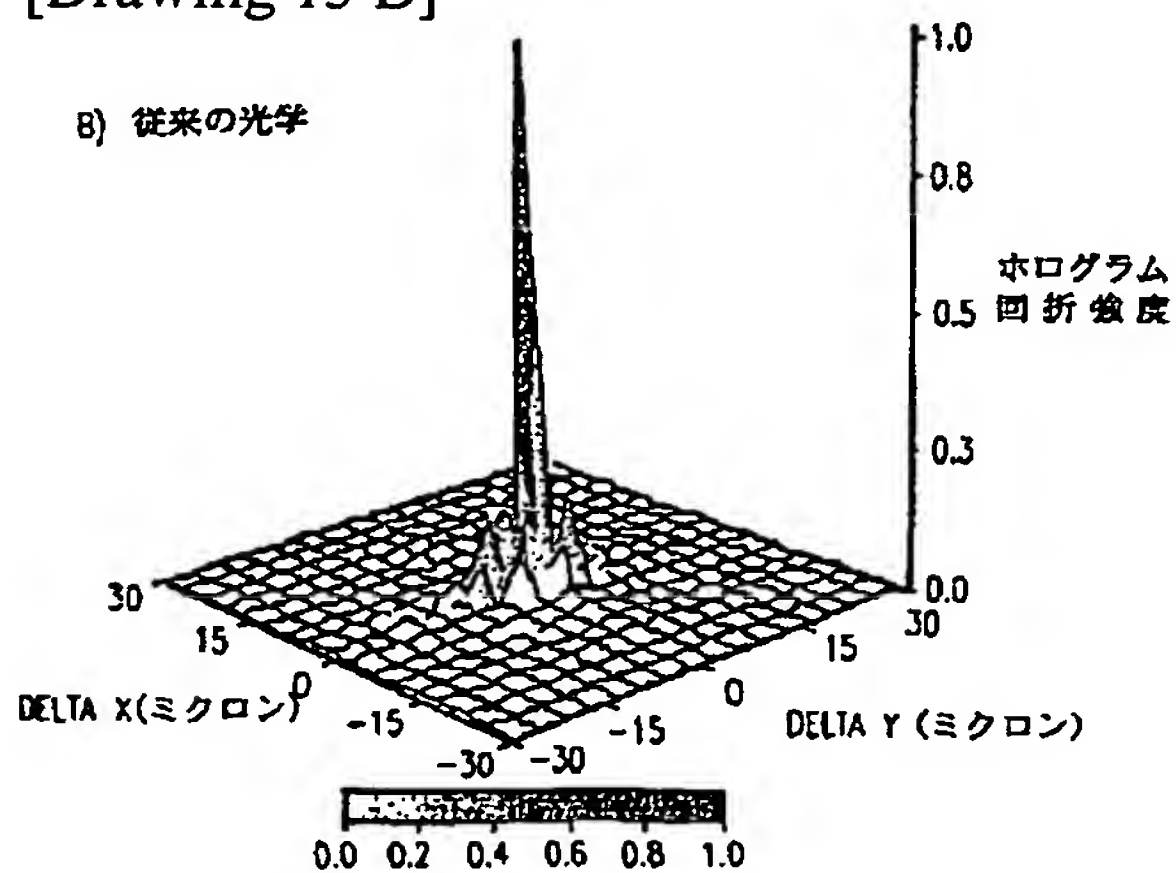
[Drawing 12 C]



[Drawing 13 A]



[Drawing 13 B]



[Translation done.]